الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
جامعة تشرين
كلية الاقتصاد
قسم الاحصاء

بحث علمي مقدم لنيل درجة الماجستير في الإحصاء بعنوان:

دور التخطيط الشبكي في تقويم المشروعات الخدمية
دراسة تطبيقية على المؤسسة العامة للنقل البحري

The Role Of The Network Planning In Service projects Scheduling
An Applied Study On:
The Syrian General Authority For Mari Time Transport

إعداد :

الطالبة : عزوة حسن الصرن

إشراف :

د. سمير حجير
أستاذ في قسم الاحصاء والبرمجة جامعة حلب

د. عبد الهادي الرفاعي
أستاذ مساعد في قسم الاحصاء جامعة تشرين

العام الدراسي 2003-2004

كلمة شكر

وتقترب السفينة من الشاطئ ويبدأ مشوار جديد يسير فيه الأمل ترافقه ذكرى كل من أعطى فكان بحراً من العطاء ومنارةً لا تنطفئ ،وفي نهاية مشوارنا العلمي وبداية طريق جديد أتوجه بالشكر الجزيل إلى كل من مد لي يد العون و أخص بالشكر **أعضاء لجنة الحكم والمشرفين :**

الدكتور سمير حجير

الأستاذ في قسم الأحصاء والبرمجة في جامعة حلب (مشرفاً أساسياً)

الدكتور عبد الهادي الرفاعي

أستاذ مساعد في قسم الإحصاء جامعة تشرين (مشرفاً مساعداً)

اللذان تكرما بإشرافهما على هذا المشروع ولم يبخلا بتوجيهاتهما ونصائحهما القيمة .

كما أتوجه بالشكر إلى الجهاز الإداري في المؤسسة العامة للنقل البحري وجميع العاملين فيها ، و إلى الأستاذ نظير سلوم الذي قام بتدقيق هذا العمل لغوياً .

الإهداء

إلى من لا أتخيل لحظة من حياتي بدون حبهم ودعمهم ....

إلى من أتمنى ألا أفقدهم أبداً ....

عائلتي

إلى من نهلت من مدرسته العلمية وأفخر بنفسي أنني طالبته ....

الأستاذ الدكتور سمير حجير

إلى من يحثني على المثابرة والجد ....

الأستاذ المساعد الدكتور عبد الهادي الرفاعي

إلى جميع أعضاء الهيئة التدريسية في قسم الاحصاء أهدي عملي المتواضع.

مخطط البحث

قائمة الجداول:

الفصل التمهيدي

مقدمة عامة:

يعتمد نجاح أية خطة اقتصادية بدرجة كبيرة على مناحي عديدة أهمها صواب القرارات ، أي على سلامة تحديد وإعداد وتقويم وتنفيذ ومتابعة المشروعات التي تتضمنها الخطة .وكثيراً ما كان يتم التقويم باستخدام طرائق بسيطة لا تستند إلى أسس علمية، مما يحد من قدرة القائمين على عملية التقويم بالتوسع في تحليل المشروع من مختلف النواحي.

يعد التخطيط الشبكي أسلوباً علمياً متطوراً في تخطيط المشروعات وتنظيمها على شكل شبكة تعكس التسلسل الزمني والمنطقي لتنفيذ عمليات المشروع وأنشطته والترابط فيما بينها ، كما ويعد الأداة التنظيمية الفعالة التي يمكن من خلالها ضبط سير عملية تنفيذ الأعمال وفق البرنامج المخطط لها وتحديد الموارد اللازمة وتوقيتها.

يساعد التخطيط الشبكي منفذي المشروعات على علاج مشكلات عدة منها:التأخير في إنجاز أنشطة المشروعات نتيجة عدم إدارة وقت المشروع بشكل علمي ، الارتفاع في التكاليف ، كما يمكن استخدام التخطيط الشبكي في إدارة موارد المشروع بشكل فعال من خلال توجيهها إلى الأنشطة الحرجة لتنجز في موعدها المحدد ، مما يؤثر في القيمة المضافة والعائد المتحقق من المشروع .

نعرض في هذا البحث نماذج شبكات الأعمال التقليدية (طريقة المسار الحرج ، تقنية تقويم ومراجعة البرنامج)، بالإضافة إلى الأنظمة التي تقوم عليها هذه النماذج ،كما عرضنا نماذج جديدة لشبكات الأعمال (الجدولة الضبابية، تقنية شبكة مسار بيرت ، تقنية التقويم والمراجعة البيانية)، وأوضحنا كيفية تحليل القيمة المحققة وتحديد التكلفة الإضافية الناتجة عن سوء الأحوال الجوية والتزويد غير المنتظم للموارد.

إضافة إلى ما ذكر أعلاه فقد أجرينا دراسة تطبيقية لتقنية تقويم ومراجعة البرنامج ولنموذج الشبكة الضبابية على الرحلات التي قامت بها سفينتا أرواد واللاذقية خلال النصف الأول من العام 2003 ،حيث تعود ملكية السفينتين إلى المؤسسة العامة السورية للنقل البحري ،هذا و تمثل كل رحلة مشروعاً بحد ذاته، يجب تقدير الزمن اللازم لإنجازه،وذلك بعد تقدير زمن كل نشاط من أنشطته.وتم اختبار الفروق الجوهرية بين متوسطات الأزمنة المقدرة والزمن الفعلي ، حيث كانت الفروق ظاهرية وغير دالة إحصائيا ، وكان متوسط الزمن المقدر وفق نموذج الشبكة الضبابية أقرب إلى متوسط الزمن الفعلي،مما يدل على ضرورة استخدام أسلوب التخطيط الشبكي في وضع الخطة الزمنية للرحلات البحرية ، وتدريب القائمين بعملية التخطيط على هذا الأسلوب ، وتوفير جميع المقومات الأخرى

اللازمة لتطبيقه من قاعدة بيانات وبرمجيات خاصة بهذا الأسلوب وخاصة لنماذجه الحديثة،والاعتماد على كادر إحصائي مؤهل ومدرب مهمته جمع البيانات بدقة عن مختلف مؤشرات أنشطة المشروع والعوامل النوعية المحيطة بها ، وتفريغ هذه البيانات وتحليلها واستخلاص النتائج منها .

مشكلة البحث:

تكمن مشكلة البحث في أن معظم المشروعات الإنشائية والخدمية تعاني من تأخير في الإنجاز وفوضى في التنفيذ، وذلك بسبب غياب عملية تخطيط وبرمجة زمن أنشطة المشروع لإنجازها وفق أسلوب علمي متطور، ويعدُّ هذا الأمر من أهم الأسباب المؤثرة سلباً على نجاح تنفيذ وإدارة المشروع وعلى الأهداف المراد تحقيقها منه.

ويلعب التخطيط الشبكي دوراً فعالاً ومهماً في عملية تخطيط وتنظيم ورقابة تنفيذ المشروعات ومتابعة عملية تنفيذها للكشف عن الانحرافات واتخاذ الإجراءات التصحيحية في الوقت المناسب، ويهدف هذا الأسلوب العلمي إلى تنفيذ العمل بالجودة المطلوبة باستخدام أقل قدر ممكن من الوحدات الزمنية والتكلفة والموارد.

مما سبق تتحدد مشكلة البحث فيما يلي :

- تأخير إنجاز أنشطة المشروع الخدمي لعدم برمجتها وتنظيمها وفق أسلوب علمي، وقلة اهتمام القائمين على إدارة المشروعات الخدمية بعنصر الزمن، ومدى تأثيره في التكلفة والموارد .
- ظهور فوضى في عمليات التنفيذ بسبب عدم تنفيذ الأنشطة وفق تسلسل الأسبقية.

ينتج عن المشكلتين السابقتين ما يلي:

- ارتفاع التكاليف في المشروع الخدمي لعدم تخطيطها بشكل علمي سليم.
- انخفاض العائد المتوقع من المشروع الخدمي وعدم البحث في أسباب ذلك.

أهمية البحث:

يعدُّ الوقت من أكثر الموارد أهمية بوصفه مورداً نادراً غير قابل للزيادة والتجديد والادخار ولا يوجد بديل له ، ولا يتطلب الحصول عليه تكلفة ، بل إن تخطيطه وتنظيمه بشكل فعال يوفر وقتاً لإجراء أعمال أخرى ويولد عائداً ، الأمر الذي دفع إدارات المشروعات اليوم للاهتمام بتحديد أوقات تنفيذ أنشطة مشروعاتهم لاستغلال هذا المورد النادر استغلالاً أمثل لتحقيق أهداف هذه المشروعات.ومن أهم الطرائق المتبعة في تخطيط وبرمجة وقت المشروعات أساليب التخطيط الشبكي التي تعتمد على تحليل الأنظمة تحليلاً منطقياً من خلال وصف المشروع وتقسيمه إلى أنشطة وعمليات صغيرة

وتحديد الترابط المنطقي بين هذه الأنشطة والعمليات لوضع خطة عمل يتم بموجبها تنفيذ العمليات مع تقدير الموارد المطلوبة لكل نشاط وبرمجة العمل لإنجاز المشروع بأقل زمن وبأقل تكلفة وذلك باستخدام نماذج مختلفة من شبكات الأعمال.

تنبع أهمية البحث من الأهداف التي نسعى إليها في هذا البحث ومن أهمية التخطيط الشبكي وما تسمح به نماذج شبكات الأعمال من محاكاة ومرونة زمنية لتخفيض زمن المشروع وتكلفته ،وتخصيص الموارد اللازمة لإنجازه وفق خطة مثلى ومتابعة ومراقبة التنفيذ. و يلعب النقل البحري دوراً هاماً في دعم الاقتصاد الوطني، مما يدعو إلى ضرورة استثماره بالشكل الأمثل .

ينعكس إنجاز المشروع ضمن الزمن المحدد بشكل إيجابي على مؤشرات عديدة للمشروعات:

التكلفة، الجودة، التدفقات النقدية ، القيمة المضافة ، الطلب على الخدمات التي يقدمها المشروع ، العائد المتحقق منه ، وهذا ما يتطلبه تحقيق النمو الاقتصادي في قطاع الخدمات في قطرنا وما تحتاجه مشروعاتنا الخدمية لمواجهة المشروعات الخدمية الأجنبية والعربية المنافسة.

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى :

- ❖ بيان وتوضيح كيفية استخدام أساليب التخطيط الشبكي بشكل علمي في عملية التخطيط والتنظيم والرقابة في المشروعات الخدمية بشكل عام والنقل البحري بشكل خاص .
- ❖ معرفة نماذج شبكات الأعمال الحديثة المناسبة لموضوع البحث، وتوضيح الأسس التي تقوم عليها هذه النماذج وميزاتها .
- ❖ معالجة مشكلتي هدر الوقت والتأخير في التنفيذ، واللتان ينجم عنهما ارتفاع التكاليف في مشروعات النقل البحري من خلال تقدير الزمن اللازم لإنجازه بأسلوب علمي.
- ❖ وضع تسلسل منطقي لتنفيذ أنشطة مشروعات النقل البحري، ومعالجة الفوضى في عملية التنفيذ.

فروض البحث:

يعتمد البحث على الفروض الابتدائية التالية:

1- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط الزمن المقدر للرحلات المدروسة بالأسلوب المتبع في المؤسسة العامة للنقل البحري و متوسط الزمن الفعلي لها .

2- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط الزمن المقدر للرحلات المدروسة باستخدام تقنية تقويم ومراجعة البرنامج ومتوسط الزمن الفعلي لها .

3- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط الزمن المقدر للرحلات المدروسة باستخدام نموذج الشبكة الضبابية ومتوسط الزمن الفعلي لها .

مجتمع وعينة البحث:

يعدُّ تحديد المجتمع الإحصائي الذي ينطبق عليه البحث تحديداً دقيقاً أمراً ضرورياً ،كي تتم معرفة العناصر الداخلة فيه ،والمجال الجغرافي الذي توجد فيه هذه العناصر لأن النتائج التي سيتم التوصل إليها تقتصر دلالاتها على المجتمع المدروس الذي اختيرت منه عينة البحث، وعلى مجتمعات مماثلة في متغيراتها للمجتمع الأصلي.

يتمثل المجتمع الإحصائي في هذا البحث برحلات سفينتي أرواد واللاذقية اللتين تمتلكهما المؤسسة العامة السورية للنقل البحري لممارسة نشاطها عبر الموانئ الواقعة في البحرين المتوسط والأسود، حيث يتراوح عدد الرحلات التي تقوم السفينتان بها من20-24 رحلة سنوياً، تمَّ اختيار 12 رحلة بحرية ،تمثل جميع الرحلات التي قامت بها السفينتان خلال النصف الأول من العام 2003 ،وقد تم الاعتماد على أسلوب المقابلة في جمع البيانات بالإضافة إلى ما ورد من بيانات في سجلات المؤسسة العامة للنقل البحري.

منهج البحث:

يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي : الذي يتضمن:

أ- الدراسة النظرية لتوضيح المفهومات والمبادئ المستخدمة في عملية التخطيط الشبكي ، وذلك بالاعتماد على المصادر المكتبية من مراجع علمية ودوريات وأبحاث قدمت في هذا المجال .

ب- الدراسة التطبيقية باستخدام الأدوات الإحصائية التالية :

التوزيعات الاحتمالية ، تحليل الانحدار، الاختبارات الإحصائية ،تحليل التباين، نماذج الشبكات .

معوقات البحث:

- افتقار المكتبة العربية للدراسات النظرية والتطبيقية حول نماذج التخطيط الشبكي ودورها في إنجاز المشروع في الوقت المقرر وتنظيم الموارد المتوفرة، بما يحقق إنجاز المشروع بأقل تكلفة ممكنة من

جهة ، وقلة المراجع الحديثة التي تتناول نماذج جديدة للتخطيط الشبكي ، حيث تكاد أن تكون معدومة تماماً.

- عدم توفر كادر علمي مؤهل و متخصص يقوم بجمع البيانات والإحصاءات المختلفة المتعلقة بكافة أقسام المشروع موضوع البحث ،هذا تطلب جهداً ووقتاً إضافياً للحصول على البيانات اللازمة للبحث.
- ضعف الوعي الإحصائي لدى القائمين على عمليات المشروع ، وعدم الاهتمام بالدراسات الإحصائية اللازمة للمشروع في مراحله كافة.
- عدم كفاية البيانات المتوفرة وعدم ملاءمتها للبحث العلمي،وهذا دفع الباحث إلى بذل جهود إضافية لتدارك ذلك من خلال الدراسة الميدانية واللقاء المباشر مع القائمين على العمل.

الدراسات السابقة:

تمثل المشروعات الإنشائية أهم المجالات التي يستخدم فيها التخطيط الشبكي في قطرنا ، حيث يستخدم في تخطيط مشروعات بناء الجسور وشق الطرق و إنشاء مختلف المباني السكنية والفندقية والمستشفيات ......الخ. ومن الدراسات السابقة التي موضوعها التخطيط الشبكي :

1. **بحث علمي مقدم من قبل الدكتور المهندس علي جنود في كلية الهندسة المدنية ، جامعة تشرين** بعنوان: " تنسيق إنجاز المشاريع البنائية في حال تحديد الموارد باستخدام ألغوريتم المصفوفات وذلك في العام 2000 "، حيث تناولت هذه الدراسة دور التخطيط الشبكي في إدارة الموارد ، وذلك باقتراح طريقة لتقسيم الموارد اعتماداً على معيار الزمن لتحديد الترتيب المثالي لتنفيذ المشروعات ، تعتمد هذه الطريقة على إيجاد المصفوفة المعبرة عن الأزمنة المختصرة ، ومن ثم اختيار أكبر زمن مختصر وفي ظل نوع الموارد والموقع الذي يعمل فيه ، وهذا الزمن سيقابل التوزيع الأفضل للآليات والموارد الأخرى. وتم تطبيق هذه الطريقة المقترحة على مشروع بنائي مؤلف من ست صالات صناعية زمن تنفيذ كل منها محدد بوساطة مخطط شبكي.

2. مقالة علمية مقدمة من قبل Ching-Hwang Wang الأستاذ في قسم الهندسة الإنشائية في جامعة تايوان الوطنية للعلوم والتكنولوجيا وYu Chum Hung الأستاذ المساعد في قسم الهندسة المعمارية في كلية Hwa Hsia للتجارة والتكنولوجيا بعنوان:"طريقة جديدة لحساب تباين تكلفة المشروع"، منشورة في International. Journal of project Management,vo.18, N.2,April, 2000،حيث درسا أثر الترابط المنطقي على تباين

تكلفة المشروع، وذلك بالاعتماد على فرض أساسي أن تكلفة المشروع وزمنه متغيرات عشوائية مترابطة بعضها مع بعض وليست مستقلة .وتمكّنا من خلال هذا الافتراض ومن علاقات الترابط المنطقي وتقسيم تكلفة المشروع إلى تكلفة خدمات و تكلفة مواد من حساب القيمة المتوقعة والتباين لتكلفة المشروع ، و يتضمن هذا التباين ما يلي:

- تباين تكلفة الخدمة لكل نشاط.
- تباين تكلفة المادة لكل نشاط .
- تباين تكاليف الخدمات والمواد لكل نشاط.
- التباين المشترك لتكلفة الخدمات والمواد لكل نشاط.

ويتكون هذا التباين من الأقسام الثلاثة الأولى فقط عندما تكون تكاليف النشاط متغيرات عشوائية مستقلة عن بعضها. هذا وتمّ تطبيق الطريقة على مشروع بناء مفترض من قبلهما.

يكمن الاختلاف الأساس بين هاتين الدراستين وبحثنا في:

- هدف بحثنا توضيح أساليب التخطيط الشبكي التقليدية والجديدة ، ومعالجة مشكلة هدر الوقت وارتفاع التكاليف في المشروع الخدمي ، بينما هدف الدراسة الأولى توزيع الموارد توزيعاً مثالياً على عدة مشروعات صناعية، أما الدراسة الثانية فتهدف إلى حساب تباين تكلفة المشروع.
- مجال التطبيق :حيث تعدُّ الرحلة التي تقوم بها السفينة هي المشروع المدروس في بحثنا، وليس إنشاء صالة صناعية أو التطبيق على مشروعات بناء افتراضية.
- يتناول بحثنا دور التخطيط الشبكي في إدارة وقت المشروع، وليس دوره في إدارة موارد المشروع أو تكلفته .

لمحة تاريخية عن نماذج شبكات الأعمال :

ظهرت تقنيات إدارة المشروعات أثناء الحرب العالمية الأولى، عندما صمم العالم الأمريكي Henry Gantt مخطط الأعمدة البيانية Bar Chart الذي سمي باسمه " مخطط جانت" Gantt Chart ، وقد جاء هذا المخطط تلبية لحاجة ضباط الجيش لمثل هذه الأداة المساعدة في عملية التخطيط و الرقابة على المشروعات أثناء تلك الحرب ، حيث تم تصميمه أولاً من أجل رقابة عنصر الزمن في المشروع ، عن طريق وضع الأنشطة الأساسة الممثلة للمشروع المقترح في قائمة تحوي أوقاتاً مجدولة للبدء والإنهاء ، وقد تم استخدامه فيما بعد بهدف تقليص الزمن اللازم لبناء سفن الحمولات . لقد طوّر هذا العالم مخططه عام 1917 و اشتق منه مخططات أخرى كمخططات العمالة و الموارد الأخرى .

يعد قصور هذا المخطط و المتمثل في عدم قدرته على تفصيل أنشطة المشروع ، وتوضيح العلاقات المنطقية بين تلك الأنشطة من جهة ، و ظهور المشروعات الإنتاجية الضخمة و المعقدة من جهة أخرى،من أهم العوامل التي دفعت العلماء و الباحثين إلى ضرورة البحث عن أسلوب جديد ، يلائم الوضع القائم آنذاك و المتمثل في ضخامة المشروعات و ازدياد درجة تعقيدها، و يعالج مشكلة التأخير في إنجاز المشروعات ،و قصور هذا المخطط ،فأعطت جهود الباحثين ثمارها في منتصف الخمسينات من القرن الماضي بإيجاد المخطط الشبكي الذي يعد بذاته نتيجة مطورة لمخطط جانت Gantt Chart يتلافى عيوبه و يلبي حاجات التطور التقني و الاقتصادي .

تمكن هؤلاء الباحثون من ابتكار طرائق لإدارة المشروعات ، تُمثل فيها عمليات المشروع على شكل شبكة تعكس التسلسل الزمني و المنطقي لهذه العمليات . و تمثلت هذه الطرائق بـ:

أ – **طريقة المسار الحرج**CPM: Critical Path Method تعد أداة لتخطيط و تنفيذ و مراقبة المشروعات الضخمة و المعقدة ، باستخدام عامل زمني واحد لكل نشاط فقط ، و تقوم على أساس تحديد مجموعة الأنشطة التي يجب أن تعطى اهتماماً خاصاً في التخطيط و التنفيذ، لأن إكمال المشروع في وقت محدد و بتكاليف محددة ، يعتمد إلى درجة كبيرة على الأنشطة الواقعة على المسار الحرج .

ب – **تقنية تقويم و مراجعة البرنامج** Program Evaluation And Review Technique:PERT مكنت هذه التقنية المديرين من تخطيط و جدولة و مراقبة المشروعات الضخمة و المعقدة بتوظيف ثلاثة تقديرات زمنية لكل نشاط هي : الزمن المتشائم ، الزمن المتفائل ، الزمن الأكثر احتمالاً . حيث يقدّر الزمن اللازم لتنفيذ النشاط بطريقة احتمالية ، و ذلك بالاعتماد على توزيع بيتا الاحتمالي ، لأن تقديرات هذا التوزيع تتمتع بمعايير جودة التقديرات الإحصائية أكثر من غيرها من التوزيعات ، وذلك حسب نتائج البحث المقدم من قبل العالم Vanslyke حول أثر تغيير التوزيع الاحتمالي على زمن المشروع [1].

طُوّرت هاتان الطريقتان في كل من بريطانيا و أمريكا في الوقت نفسه تقريباً ، ففي العام 1956 واجهت شركة Dupont البريطانية لتنفيذ المشروعات الكيماوية مشكلة الاختناقات الزمنية بين خطط المشروعات و التنفيذ الفعلي لها ، وكانت نتيجة حل هذه المشكلة في عام 1957 وضع الأسس العلمية والنظرية لطريقة المسار الحرجCPMمن قبل فريق لبحوث العمليات موجه من هذه الشركة بقيادة M.R.Walkerو بالتعاون مع J. Ekelly التابع لشركة Remington Rand Corporation.

---

[1] Battersby , Albert , M A , Bsc , F.R.I.C; (1970) " Network Analysis For planning and scheduling , 3rd ed . MACMILLAN , P268-269 .

طبقتCPM أول مرة في عام 1958 في مشروع إنشاء محطة قوى ذرية تابعة لمجلس الكهرباء المركزي في لندن، و استخدمت عام 1965 من قبل هيئة مواصلات لندن في إنشاء خط فكتوريا للسكك الحديدية (المترو) تحت الأرض ، حيث تم توفير 65 مليون جنيه إسترليني ، و كان هذا المشروع يتضمن أكثر من 9000 نشاط .[1] اهتم مكتب المشروعات الخاصة في القوات البحرية الأمريكية U. S. Navyفي الفترة نفسها التي تم فيها ابتكار طريقة CPM بدراسة إمكانية التخطيط والرقابة على مشروع إنتاج صواريخ Polaris،وذلك من قبل Allen And. Hamilton و Booz فصدر التقرير الأول عن تقنية PERT في تموز عام 1958 ، والتقرير الثاني في آب عام 1958 ، وتضمن الأخير الأسس الرياضية والطرائق العلمية لتطبيق هذا الأسلوب ، ونتيجة لاستخدام هذه الطريقة تمّ إنجاز مشروع Polarisقبل عامين من الزمن المتوقع لإنجازه .[2]

لقد ظهرت الطريقتان السابقتان أولاً بنظام يعتمد على تمثيل النشاط بسهم على الشبكة Activity On Arrow ويرمز له بـــ AOA. أما في بداية السبعينات من القرن الماضي فقد استخدم نظام آخر لبناء شبكة العمل ، يقوم على أساس تمثيل النشاط على العقدة في شبكة العملActivity on Node ويرمز له بـــAON .[*]

يعدُّ خط التوازن LOB: Line Of Balance أسلوباً آخر مستخدماً في تخطيط الإنتاج ، قدم من قبل مكتب القوات المسلحة الأمريكية U . S. Army عام 1952 ، وطوّر في البحرية الأمريكية U . S. NAVY عام 1958 ، ومن ثم طوره العالم E . Trimble عام 1968 ، وأصبح يهدف إلى حساب الموارد المطلوبة لكل مرحلة من مراحل الإنتاج . تمّ التمكن عام 1962 من استخدام أسلوب البرمجة الخطية لحل مسائل جدولة المشروع ، والتي ظهرت على يد كل من Charnes &Cooper.[3] كما تمّ في العام نفسه وضع وتصميم نظام تكلفة بيرت PERT/ Cost نتيجة لتضامن الهيئة الوطنية لإدارة أبحاث الملاحة الجوية والفضاء NASAودائرة الدفاع ، حدد نظام PERT/Costخطوات الرقابة على التكلفة للأساليب من النوع PERT.

شهد عام 1966 إدخال أولى سلسلات CANS المسماة : تقنية التقويم والمتابعة البيانية GERT: Graphical Evaluation And Review Technique وتعتمد على أفكار مقدمة من قبل Elmaghraby ،وتمّ تصميم هذا المفهوم على يد Eisner الذي قام بإدخال نوع عقدي جديد إلى شبكة عمل المشروع هو العقدة الاحتمالية التي تتفرع عنها مسارات بديلة باحتمالات معينة ، حيث تنظر هذه

---

(1) الحكيم ، لطيف وعبد الجليل آدم المنصوري (1987)" مدخل إلى بحوث العمليات "جامعة قار يونس ،بنغازي، ص 182.

(2)الحكيم ، لطيف وعبد الجليل آدم المنصوري (1987)" مدخل إلى بحوث العمليات "، مرجع سابق ،ص181 .

(*) أنظر الملحق A الذي يوضح تسميات النظامين AOA ، AON .

(3) Moder . J . and other (1983):" Project Management with CPM , PERT and Precedence Diagramming" ,3rd. ed.,VAN Nostrand Rrinhold Company, New York,p256.

الطريقة إلى عمليات المشروع على أنها أحداث احتمالية أكيدة وغير أكيدة . طوّرت GERT فيما بعد على يد Elmaghraby عندما حدد ثلاثة أنوع من العقد هي (OR, Exclusive، And) كما عمد Pritsker إلى دمج الحاجات من الموارد مع النشاط على التمثيل العقدي،ودعي الأسلوب الناتج بـ p- GERT وهو يعد تطويراً آخراً لـ GERT [1].

شهد العام 1981 ظهور مفهوم الشبكة الزمنية التي تجمع بين مخطط جانت و المخطط الشبكي المعد وفق نظام معين ولأسلوب و طريقة شبكية معينة و محددة . دخلت تكنولوجيا المعلومات والاتصالات إلى عالم إدارة المشروعات مما أدى إلى وضع عدة برامج حاسوبية جاهزة مهمتها تخطيط وجدولة ومراقبة المشروعات ،ومن أهم هذه البرمجيات :

- برنامجprimavera الذي تم وضعه عام 1983 ،ولا يزال حتى اليوم من أكثر البرامج انتشاراً وأعظمها شمولاً .[2]

- مجدول المشروع windows 6 الذي أوجد عام 1994 من قبل مؤسسة Scitor في مدينة Fosterفي California،ويعدُّ هذا الجدول مجموعة سهلة الاستخدام في تخطيط المشروع، وتساعد في عملية الرقابة لعناصر التكلفة والموارد. [3]

- يسعى مديرو المشروعات اليوم عموماً ومديرو التخطيط خصوصاً إلى استخدام برنامج M.S. Project 2000 [4] المقدم من قبل شركة Microsoft التي تعنى بإدارة المشروع Project Management،حيث يتيح البرنامج للمستخدم إمكانية جدولة Scheduling وتتبع Tracking أنشطة المشروع كافة ،ويمكن المستخدم من إعداد مخطط جانت ،والمخطط الشبكي بأسلوب PERT، وجدولة وتخصيص الموارد ،ورقابة التكلفة والزمن ، وتحليل مخاطرة المشروع .

كما أشارت دراسات عديدة إلى نجاح استخدام نظرية المجموعات الضبابية في تقدير الأزمنة اللازمة لتنفيذ أنشطة المشروع ، آخذة في الحسبان عوامل عدة: كالموقع ، الطقس ، أداء

---

(1) Dawson ،c.w. and R.J Dawson (1994) : "Clarification Of Node Representation In Generalized Activity Networks For Practical Project Management" , International Journal Of Project Management, vol.12,No. 2 , May, P 81 .

(2) زايد ، مصطفى ، (1997): إدارة المشروعات ، الطبعة الأولى ،دار الثقافة،القاهرة، ص 144 .

(3) Nahmias , Steven , (1997) production and operations analysis , 3rd ed.Irwin , U.S.A , P549 .

(4) للتوسع انظر : بللوز ، حنا (2002) : إدارة المشاريع عن طريق M.S. project 2000 ، دار الرضا للنشر ، الطبعة الأولى ، دمشق سوريا، ص 21-180 .

العامل ......الخ، وذلك من قبل(Ayyub And Haldar عام 1984، وAbouRizk Sawhney& عام 1993، و Hadipriono &Wu عام 1994) .[1]

لم يقف الاستخدام عند ذلك الحد لنظرية المجموعات الضبابية بل تعداه إلى وضع نموذج الشبكة الضبابية Fuzzy Network من قبل Pasit Lorterapong And Osama Moselhi و التي تهدف إلى تحديد كل من الزمن الوسطي و الأصغري و الأعظمي للمشروع .

أهمية التخطيط الشبكي Importance's Network Planning:

يقوم التخطيط الشبكي على أساس تحليل المشروع تحليلاً هيكلياً وزمنياً،وذلك وفق ترتيب منطقي لأنشطته التي يتطلب إنجازها زمناً وموارد مختلفة . إن الاعتماد على أسلوب كهذا في تخطيط وجدولة ورقابة المشروعات الإنشائية أو الخدمية أو الإنتاجية له دور مهم يتجلى في النقاط التالية :

1- **المفاضلة بين الزمن ،التكلفة والجودة:** تسمح نماذج شبكات الأعمال بالمفاضلة بين الزمن ، التكلفة والجودة ، أي بين عناصر قوى المشروع ، وذلك لتحديد الخطة المثلى لتنفيذ المشروع ، وتقدير الزمن اللازم لإنجاز المشروع ، وتحديد تاريخ الإنجاز ، وتقدير التكلفة الأقل والجودة الأفضل التي تعدُّ من أهم هذه القوى في الوقت الحالي، والتي يجب أخذها في الحسبان أكثر من الزمن والتكلفة ، نظراً لأن الجودة تؤدي إلى خفض التكلفة ، وخاصة تلك الناجمة عن الإخفاق الداخلي والخارجي ، فالجودة الرديئة التي تخرج للزبون تؤدي إلى خسائر طويلة الأجل ، تتمثل في تراجع الحصة السوقية وفقدان المبيعات .

2- **تحديد سبب التأخير في الإنجاز :** يُمكّننا مخطط العمالة من تحديد حجم الموارد البشرية اللازمة لإنجاز المشروع ، عن طريق تحديد العدد اللازم من هذه الموارد لكل نشاط من أنشطة المشروع ، وذلك تبعاً لحاجتها من اختصاصات هذه الموارد ومهاراتها الفنية والعلمية ، أي يتم تحديد دور ومسؤولية كل عنصر بشري في تنفيذ المشروع ، وعند حدوث أي تأخير في إنجاز نشاط ما ، فيتم البحث في أسباب ذلك ، وتحديد ماهية هذه الأسباب فيما إذا كانت عائدة إلى أسباب طبيعية وبيئية خارجة عن إرادة من هو مسؤول عن التنفيذ ، أم أسباب فنية مصدرها أعطال في الآلات المستخدمة في إنجاز النشاط ، أو عدم ملاءمة قدرة ومؤهلات العنصر البشري ومستوى مهارته للقيام بالمهمة الموكلة إليه في تنفيذ النشاط ، وقد

[1] Lorterapong , Pasit &Osama Moselhi (1996):"project - Network Analysis Using Fuzzy Sets Theory", Journl of Constraction Engineering And Management , vol . 122 , No.4, December , p 308.

تكون الأسباب إدارية أو فنية أو اقتصادية ، كعدم توفر الموارد المادية وغير المادية اللازمــة لإنجاز النشاط وغير ذلك من الأسباب .

3-توفر نظام معلومات: Information System: تلقى على عاتق مدير المشروع مســؤولية تخطيط ورقابة المشروع ، وللقيام بهذه المهمة فإنه في حاجة إلى معلومات دقيقة وفي الوقــت المناسب ، لأن العوامل والظروف التي يبنى عليها تقدير مؤشرات الخطة عرضة للتغير، لترشده إلى اتخاذ القرارات الإدارية الصحيحة ، و إلا سيقوده غيابها إلى ضعف القرار الإداري المتخذ وخلق الأزمات crisis.

تبنى هذه المعلومات حول بنية تقسيم العمل/Work Breakdown Structure/WBS التي تعرضها المخططات الشبكية بالتفصيل ، وقياس ما هو منجز مقابل ما هو مقرر في الخطة الأصلية ، وتكون هذه المعلومات غير كافية إذا تم الحصول عليها من بيانات مأخوذة بالاعتماد على أسس غير نظاميــة وغــير علمية و من تقارير موجزة ومختصرة وغير بناءة.

ومما لا شك فيه أن المشروع المنفذ جيداً وبدقة، يوفر قاعدة بيانات واسعة يستفاد منها في عمليــة تقدير المؤشرات لخطط المشروعات المستقبلية المشابهة للمشروع المنفذ ، وإذا لم تجمع هذه البيانات فإنها ستفقد بالتأكيد نهائياً وستضيع الفائدة منها وسيغيب نظام المعلومات الذي تمكننــا نمــاذج شــبكات الأعمال من توفيره .

4- تحقيق مبدأ الإدارة بالأهــداف: /Management By Objectives/MBO : تعــرّف الإدارة بالأهداف أو بالنتائج على أنها " طريقة للتخطيط والتقويم الإداري لها أهداف محــددة لسنة معينة أو لفترة زمنية أخرى ، توضع هذه الطريقة على أساس أن النتائج الــتي ينبغــي أن تنجز كل واحدة منها إذا أدركت الأهداف الإجمالية للمشروع في نهاية هذه الفترة الزمنيــة ، تقاس النتائج الفعلية المنجزة بالأهداف الأساسة ، أي النتائج المتوقعة ، الــتي يكــون المــدير مسؤولاً عن إنجازها وتحقيقها " (1) .

إن معظم المديرين الذين لا يخططون أعمالهم يفترضون أن جميع أنشطتهم المتعلقة بالهدف متعاقبة، إذ إنهم ينتظرون إنجاز نشاط ليبدؤوا بآخر، لكن المخططات الشبكية توضح علاقــات متبادلــة بــين الأنشطة المتعلقة بالهدف غير علاقة التسلسل المنطقي، كعلاقات التزامن بين الأنشطة التي تبــدأ معــاً، وعلاقات التداخل والتشابك بين الأنشطة التي تنتهي بعضها مع بعض ، فهذا يقلص من الزمن المحــدد

(1) Mcconkey, Dale D. (1967) : "How to Manage by Results", American Management Association ,Revised ed .New York . p 15.

لإنجاز الهدف،لأن تقليص الفترة الزمنية هدف في حد ذاته تسعى معظم المؤسسات على اختلاف أنواعها إلى تحقيقه .

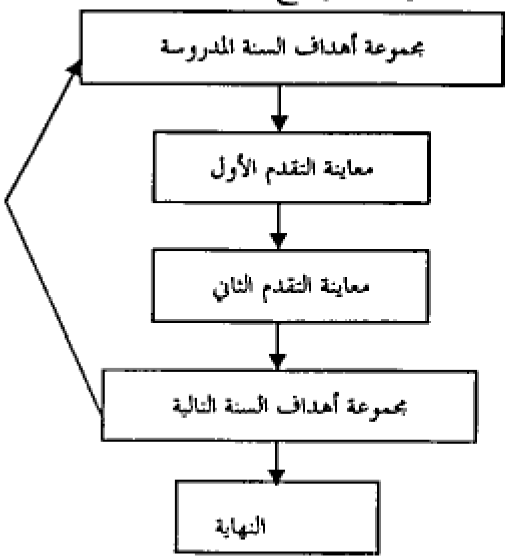
يقوم نظام الإدارة بالأهدافMBO على مجموعة من العناصر أهمها[1]:

أ- تحديد الأهداف والروابط فيما بينها : يعتمد MBO على وضع الأهداف لكل موقع إداري في المنظمة ، ليقرر ماذا يطلب من مدير كل موقع أن ينفذ و ينجز؟ ، هذا و تقترح الأنظمة جميعاً أن يكون عدد الأهداف من 4 إلى 8 أهداف ، بالإضافة إلى ذلك ينبغي تحديد الروابط والعلاقات بين أهداف هذه المواقع مثلاً : يجب أن ينتج في قسم الإنتاج ما يوافق كمية المبيعات المقدرة لفترة الخطة .

ب – ضرورة وضع هدف مشترك : يشترك جميع الرؤساء والمرؤوسين في المنظمة في وضع هدف مشترك ، حيث يُلَقَّنُ المرؤوسون العمل المطلوب إنجازه لتحقيق هدف المنظمة ، وبالشكل الذي يسمح لهم بأن يقدموا الاقتراحات التي يكون لها تأثير قوي وفعال على العمل .

جـ – التأكيد على القياس والرقابة : يؤكد المديرون جميعاً ضرورة قابلية النتائج للقياس لتكون قابلة للرقابة ، فالهدف الذي لا يمكن قياسه لا يمكن أن يراقب ، وبالتالي لا يعدُّ هدفاً بل تنبؤاً،هذا وتتوقف عملية بلوغ الهدف على أنظمة القياس والرقابة، فكلما كانت ضعيفة كلما تأخر بلوغ وتحقيق الهدف .

د- تأسيس نظام مراجعة دورية : تملك جميع أنظمةMBO شكلاً معيناً من المراجعة والتقدم نحو الهدف ، قد يقع حدث ما يقود إلى وضع أهداف للفترة القادمة أي تسير الدورة النموذجية أحياناً بالشكل :



الدورة النموذجية

الشكل (1)

وتكون هذه المراجعة دائماً بين الرؤساء والمرؤوسين .ويقصد بمعاينة التقدم الأول مقارنة نتائج العمل المنجز في المرحلة الأولى، وخلال جزء من الفترة الزمنية المحددة لتحقيق الهدف مع ما هو مخطط لينجز في هذه الفترة الزمنية الجزئية، واتخاذ الإجراءات المناسبة للانتقال إلى المرحلة الثانية، وتكرار ذلك عند نهاية كل مرحلة.

هـ – **الاستخدام الأمثل للموارد البشرية والموارد الأخرى** : يتحقق ذلك من خلال تخطيط التشغيل وتقسيم مسؤولية العمل بين الموارد البشرية ، حيث يحدد لكل مورد نطاق مسؤوليته والصلاحيات الممنوحة له ، ومن خلال الرقابة التي يفرضها MBO يمكن معالجة مشكلة الهدر في الموارد الأخرى .

و – **تحديد البدائل والمفاضلة بينها لاختيار واحد منها يكون الهدف** : تعمل إدارة كل مشروع ضمن ظروف وإمكانيات خاصة بها ، لذلك يجب أثناء اختيار هدف ما من مجموعة أهداف مقترحة أن يكون الأكثر تلاؤماً وانسجاماً مع واقع وإمكانيات هذه الإدارة.

أما التخطيط الشبكي فيقوم على أساس:

- تحديد بنية تقسيم العمل والأنشطة المكونة للمشروع .
- تحديد التكلفة الدنيا والزمن الأقل للأنشطة وللمشروع بكليّته.
- إعداد مخطط العمالة وتوزيعها على أنشطة المشروع حسب الاختصاصات والمهارات التي يحتاجها كل نشاط ، وتحديد مسؤولية هذه الموارد البشرية مما يمكّن من الاستخدام الأمثل لتلك الموارد ووضع نظام موضوعي للعاملين .
- تحديد الموارد الأخرى وتسويتها وتنظيم ورودها إلى المشروع .
- استخدام القيمة المحققة Earned value بوصفها أسلوب لرقابة الخطة ، ومعرفة قيمة العمل المنجز في المشروع ، أي وضع مقاييس كمية للأعمال المنجزة .

نلاحظ مما استعرضناه أعلاه ما يلي :

يعدُّ استخدام شبكات الأعمالNetwork Modelsضرورياً في عملية التخطيط للمشروعات ، وذلك عندما يتبع مدير المشروع نظام الإدارة بالأهداف MBO ،نظراً لأنه يساعد على توفير عناصر ومقومات هذا النظام بسهولة فعلى سبيل المثال :" يدرس نظامMBO علاقة التكاليف بعضها مع بعض، ويتطلب ذلك إجراء مفاضلة بينها، فالتكاليف المرتفعة في إنجاز نشاط ما تكون مرضية ومقبولة ، عندما

يمكننا الحصول على مزايا أكبر في إنجاز أنشطة أخرى لتحقيق هدف يجعل التكاليف الإجمالية للأنشطة الأساسة منخفضة "[1] .

وتعدّ طريقتا PERT وPERT/Cost من أهم نماذج الشبكات التي تستخدم لتوضيح هذه العلاقات بشكل رياضي من أجل المفاضلة بين الزمن والتكلفة المتوقعة لكل نشاط. بهدف ضغط شبكة العمل ، وذلك بالاعتماد على الأنشطة الحرجة أي الأساسة التي ليس لها أي احتياطي زمني .

5-تحقيق مبدأ الإدارة بالاستثناء: /MBE/ Management By Exception:[2] تعدّ تقنية الإدارة بالاستثناء MBE مكملة لنظام الإدارة بالأهداف MBO، حيث تركز انتباه المدير على الأنشطة الهامة والأساسة التي تحتاج إلى مراقبة فعالة ، أي الأنشطة الحرجة التي بإنجازها يتحقق الهدف .

مفهومات أساسة:

هناك مجموعة من المفهومات الأساسة التي سترد في البحث، وسيتم الاعتماد عليها في توضيح الأسس العلمية للموضوع المدروس ،وسنستعرض منها المفهومات الأساسة التالية :

- **النشاط :** Activity

يدعى أيضاً الفعالية أو العملية أو المهمة أو العمل الجزئي في المشروع . نستعرض عدداً من المفهومات التي تناولت معنى النشاط :

- النشاط أي جزء من المشروع يستهلك وقتاً ومواداً وله بداية ونهاية محددة[3].
- النشاط مجهود يحتاج إلى إمكانيات و يأخذ وقتاً معيناً لأدائه [4].
- النشاط جزء من المشروع يمكن أن يُعَدُّ وحدة قائمة في ذاتها تحتاج إلى قدر معين من العمل تنجز في فترة زمنية محددة و باستخدام موارد مختلفة و تحتاج إلى زمن لإنجازها يشير إلى وجود بداية و نهاية لها.[5]

---

(1) DRucker, peter ,F. (1964)" Managing for Results" , Heine Manu. First ed. London,P78.

(2) Burke ,Rory (1992) "project Management planning and control", 2nd.ed.John Wiley& Sons chichester, New York ,p 17 .

(3) Moder.J and others " project Management with CPM and PERT and Precedence Diagramming ", P 23 , مرجع سبق ذكره .

(4) سلطان ، تركي (1984) " التحليلات الكمية في اتخاذ القرارات " جامعة الملك سعود ،الطبعة الأولى ، السعودية،ص353 .

(5) الحكيم ، لطيف وآخرون " مدخل إلى بحوث العمليات " مرجع سبق ذكره ، ص 188.

يتبادر إلى الذهن من خلال التعاريف السابقة أن النشاط هو العمل الذي يعد توفير الموارد ضرورة حتمية لإنجازه ، وحسب هذه التعاريف لا يمكننا أن نعد العمل الذي يحتاج إنجازه إلى مورد الزمن فقط نشاطاً، وهذا ليس منطقياً لذلك فإن المفهومات السابقة قاصرة تقود إلى أخطاء أثناء تحديد بنية تقسيم العمل للمشروع وتجزئته إلى أعمال جزئية ،نظراً لأنها تهمل تلك الأنشطة التي تحتاج إلى مورد الزمن لتنجز مما يجعل الخطة غير موضوعية .

يمكننا أن نعرّف النشاط بأنه عمل جزئي من مجال عمل المشروع يتطلب إنجازه فترة من الزمن وموارد مالية ومادية مختلفة كمّاً و نوعاً ،حيث يمهد لنا إنجاز هذا العمل الجزئي البدء بإنجاز عمل أو مجموعة أعمال جزئية أخرى في المشروع حتى ينجز المشروع كاملاً.

يكون النشاط حرجاً إذا كانت فترة التأخير المسموح بها في إنجاز النشاط معدومة. وكما ذكرنا فإن النشاط يمثل على شبكة العمل بسهم موجه في حالة النظام الموجه للأحداث، و بدائرة أو مستطيل أو مربع على شبكة العمل في حالة النظام الموجه للأنشطة، و يوصف النشاط بأرقام أحداث البداية والنهاية له أو بأحرف أبجدية أو باستخدام عبارة توضيحية تشير إلى ما يمثله النشاط من عمل جزئي في المشروع .

- النشاط الوهمي: Dummy Activity

يُطلق مصطلح النشاط الوهمي على كل نشاط لا يتطلب أي مورد مهما كان ،ويمثل على شبكة العمل بوساطة سهم موجه متقطع، ويستخدم للتخلص من إشكالات وجود أكثر من نشاط مشترك بين حدثين متتاليين ،أي من أجل توفير تسلسل منطقي في الشبكة و تحقيق علاقات الأسبقية بأن كل نشاط يليه حدث و يسبقه حدث و كل حدث ما عدا الحدث الأول والأخير ينطلق منه سهم موجه ويصل إليه سهم موجه.

نجد أن هذا النشاط له أهمية في توضيح العمليات التي لا تشترك في أحداث البداية والنهاية نفسها،ويستخدم فقط في النظام الموجّه للأحداث و لا ضرورة لاستخدامه في النظام الموجه للأنشطة.

- الحدث Event :

يستخدم هذا المفهوم فقط في حالة النظام الموجه للأحداث الذي يمثل فيه الحدث بدائرة و يتم التركيز و الاهتمام على هذه الدوائر في شبكة عمل المشروع. توضح تعاريف عديدة معنى الحدث منها:

1. "الحدث لحظة معنوية في المشروع يمثل الانتهاء من الأنشطة السابقة عليه و بداية الأنشطة اللاحقة له، ولا يتطلب وقتاً أو موارد ،وترقم الأحداث بالتسلسل ليسهل تتبعها وأحياناً يخصص وقت صغير للحدث مثل يوم واحد".[1]

2. " الحدث عقدة عندما تتجه إليها جميع الأنشطة فإنها تنجز."[2]

3. " الأحداث نقاط بداية و نهاية الأنشطة و الحدث لحظة معينة من الزمن يرمز إليها بعقدة وبتسلسل منطقي، فالحدث الذي يمثل إنجازاً مترابطاً بأكثر من نشاط واحد يدعى حدثاً اندماجياً، أما الحدث الذي يمثل بدء العمل المترابط بأكثر من نشاط واحد فيدعى حدثاً تشعبياً ، ويكون الحدث غالباً ممثلاً بشكل بياني بوساطة دائرة مرقمة"[3]

نجد من خلال التعاريف السابقة ما يلي :

1- يلائم التعريف الأول أحداث شبكة العمل جميعاً باستثناء حدثي بداية ونهاية المشروع .

2- قد يفهم من التعريف الثاني أن الحدث يشير فقط إلى انتهاء العمل الممثل بالأنشطة السابقة له، وهذا يتوافق مع حدث نهاية المشروع . يهمل هذا التعريف الوظيفة الثانية للحدث وهي الإشارة إلى بداية مجموعة الأنشطة الممثلة بالأسهم المنطلقة من الدائرة الممثلة للحدث على شبكة العمل .

3- رغم أن التعريف الثالث أشمل من التعاريف السابقة إلا أنه قد يعرض القارئ للفهم الخاطئ بأن جميع أحداث الشبكة هي نقاط بداية ونهاية أنشطة في آن واحد بما فيها حدثا بداية ونهاية المشروع.

يمكننا القول أن الحدث : نقطة معينة من الزمن لها مدلولان :

- الأول : البدء بإنجاز عمل أو مجموعة أعمال قد تكون منفصلة أو مترابطة بعضها مع بعض في المشروع .
- الثاني : الانتهاء من عمل واحد أو أكثر من الأعمال الجزئية في المشروع.

حيث يكون لحدث بداية المشروع المدلول الأول ولحدث نهاية المشروع المدلول الثاني فقط.

---

[1] زايد ، مصطفى (1997) " إدارة المشروعات "، مرجع سبق ذكره، ص 29.

[2] Levin , I .Richard and others (1992) "Quantitive Approaches to Management" 8th ed. .HCGKAW -HILC ,INC , Singapore , P640 .

[3] Moder, J.Joseph &Others "Project Management With CPM &PERT Precedence Diagramming", P24 , مرجع سبق ذكره.

تتجلى أهمية الحدث في توضيح علاقات التسلسل المنطقي في إنجاز أنشطة وأعمال المشروع على شبكة العمل من جهة، ومن ناحية أخرى يُمّكن الحدث مدير المشروع من مقارنة ما أنجز من أعمال في هذا المشروع مع ما هو مخطط لينجز عند هذه اللحظة الزمنية، مما يساعده على تحديد أسباب التأخير ومعالجتها بسرعة وإجراء التعديلات على خطة عمل المشروع حتى لا يتأخر إنجاز المشروع عن الموعد المحدد له .و يوصف الحدث بأنه حدث متدلٍّ عندما لا ينطلق منه سهم باستثناء حدث النهاية. وعندما يدخل الحدث إلى شبكة عمل المشروع بهدف تحقيق العلاقات المنطقية والترابطية بين الأنشطة بما يتلاءم مع قواعد بناء الشبكة فإنه يكون حدثاً وهمياً .

▪ **شبكة العمل (المخطط الشبكي) Network :**

يُعتمد على هذا المفهوم بشكل أساس لتمييز النظام المستخدم في النموذج الشبكي، لذلك تعددت المفهومات التي قدمها الكتّاب والباحثون لشبكة عمل المشروع تبعاً لطبيعة النظام المستخدم، ولكن غالبيتهم يعرّفها بما يتلاءم مع النظام الموجه للأحداث كما يلي:

شبكة العمل " نموذج يمثل المشروع ويمكن تمثيل عناصرها بمجموعة من الأسهم الموجهة والدوائر، و يمثل السهم النشاط بينما تمثل الدائرة الحدث، وتعرض الشبكة العلاقات المنطقية بين هذه العناصر."[(1)]

يتفق هذا التعريف مع القواعد والأسس التي يعتمد عليها النظام الموجه للأحداث، ويعدُّ تعريفاً ملائماً وشاملاً لشبكة العمل المصممة وفقاً لهذا النظام، إذ يتوجب علينا تحديد هذه العناصر وعلاقاتها الترابطية قبل رسم شبكة العمل ومن ثم تمثيلها بيانياً، لذلك يعد تعريفاً يمكننا أن نعتمده عندما يستخدم النظام الموجه للأحداث حيث تدعى الشبكة حينئذ المخطط السهمي Arrow Diagram .وتتكون الشبكة من مستطيلات أو دوائر أو مربعات وأسهم في حالة استخدام النظام الموجه للأنشطة، تمثل المستطيلات الأنشطة، ويعرض السهم العلاقة المنطقية بين الأنشطة، وتدعى الشبكة المخطط التتابعيPrecedence Diagram.وفي كلا النظامين لا أهمية لطول السهم في الشبكة و ليس له علاقة بزمن أو تكلفة النشاط . وتوصف الشبكة بأنها شبكة متصلة إذا كان هناك مسار واحد على الأقل يصل بين كل زوج من الأحداث وذلك في شبكة العمل المرسومة وفق قواعد النظام الموجه للأحداث وإذا كان هذا المسار وحيداً تسمى الشبكة المتصلة بالشجرة، وتعرّف الشجرة بأنها:

" شبكة متصلة يكون فيها n حدث و$(n-1)$سهم ولا تحوي حلقة أو دائرة"[(2)] ، أي لا تبدأ وتنتهي في الحدث نفسه.وتسمى الشبكة شبكةً زمنيةً مدرجة Time Scaled Network إذا كانت تقوم

---

(1) زايد ، مصطفى (1997) ،" إدارة المشروعات " ، الطبعة الأولى ، دار الثقافة، القاهرة ،ص 28 .

(2) قاسم، أحمد رفيق (1992) "المدخل إلى بحوث العمليات " جامعة حلب، ص 254.

على أساس الدمج بين خريطة الأعمدة وشبكة العمل، أي ما يسمى بتوقيع شبكة العمل على مقياس زمني متدرج.

يمكننا القول مما سبق بأن : الشبكة بمفهومها العام مع غضِّ النظر عن طبيعة النظام المستخدم في النموذج الشبكي فيما إذا كان يركز على الأحداث أم على الأنشطة أو كان نظاماً مختلطاً يقوم على أساس الدمج بين عدة أنظمة ليست إلا:التمثيل البياني لخطة تنفيذ المشروع الذي يعرض العلاقات المنطقية والمتسلسلة بين الأنشطة المختلفة المكونة للمشروع مع عرض نتائج التقديرات الزمنية والحسابات. وتعدُّ شبكة العمل أداة لجدولة المشروع Project Scheduling أي تحديد الأنشطة بالتفصيل بعد معرفة المشروع وتقسيمه إلى مجموعة من العمليات والمهمات التي تمثل كل منها نشاطاً من أنشطة المشروع وتحديد بداية ونهاية كل نشاط والاحتياطي الزمني الذي يمثل فترة التأخير المسموح بها في إنجاز النشاط دون أن يتأثر زمن المشروع المحدد .

- **الاحتياطي الزمني Float time:**

ليس إلا مهلة متاحة للتأخير في عناصر المشروع و يعرّف بأنه : "مقياس لمرونة النشاط يشير إلى وجود عدد من أيام العمل يمكن أن توجل النشاط أو تمدده دون أن يتأثر تاريخ إنجاز المشروع أو أي تواريخ نهاية مستهدفة ". [1]

يمكننا القول إن الاحتياطي الزمني هو فترة زمنية محددة تمكننا من تأخير إنجاز الأنشطة غير الحرجة وتوجيه الموارد و الاهتمام إلى الأنشطة الحرجة التي يشكل التأخير في إنجازها خطر على المشروع .

- **المسار Path :**

يمكننا أن نعرّف المسار حسب التمثيل البياني المستخدم في بناء شبكة عمل المشروع كالتالي :

المسار وفق النظام الموجه للأحداث هو سلسلة من الأنشطة (الوهمية و غير الوهمية) والأحداث المتعاقبة و التي تبدأ ببدء المشروع و تنتهي بإنجازه دون أي تفرع .وعندما يستخدم النظام الموجه للأنشطة فإن المسار يتكون من سلسلة من الأنشطة الفعلية فقط .

يمكننا أن نقول بشكل عام إن المسار هو سلسلة من الأسهم و العقد، تبدأ هذه السلسلة من أول عقدة في شبكة عمل المشروع و تنتهي عند آخر عقدة فيها دون أن تحوي عقد متدلية وتكون أسهمها في اتجاه واحد وفي خط سير نحو الأمام.

---

[1] Burke , RORY .(1992) "Project Management Planning and control"2nd ed ., مرجع سابق, P 136 .

تحوي الشبكة أكثر من مسار، و يسمى الجزء من المسار دون أن يشترط فيه أن يبدأ من بداية الشبكة وينتهي بنهايتها بالسلسلة Series.يوصف المسار بأنه مسار حرج Critical Path عندما يتكون من سلسلة من الأنشطة الحرجة(إضافة إلى أحداث حرجة في حالة النظام الموجه للأحداث التي يكون الاحتياطي الزمني لها معدوماً)، وتبدأ هذه السلسلة ببدء المشروع وتنتهي بنهايته، ويمثل هذا المسار أطول مسار داخل الشبكة ويحدد أقل زمن لإنجاز المشروع، وتتميز الأنشطة الواقعة على المسار الحرج بأن أي تأخير في تنفيذها سيؤدي إلى تأخير في إنجاز المشروع لذلك تتطلب هذه الأنشطة اهتماماً خاصاً عند تنفيذ خطة المشروع ويجب مراقبتها مراقبة فعالة، ونشير إلى أن هذه الأنشطة يُعتمد عليها في عملية ضغط شبكة العمل .

- **المشروع** : Project

تعددت التعاريف التي قدمها الاقتصاديون والباحثون لهذا المفهوم ، فمنهم من عرفه من وجهة نظر استثمارية، حيث تم التركيز على رأس مال المشروع، وكيفية توزيعه إلى أصول وخصوم، بالاعتماد على العناصر التي تلائم دراسة الجدوى الاقتصادية،والتي يجب أخذها في الحسبان في مرحلة تشغيل المشروع مثل حياة المشروع ،التدفقات النقدية الداخلة والخارجة....الخ،أما البعض الأخر فقد ركز على مجال عمل المشروع والهدف من إقامته دون الأخذ بالعناصر التي ينبغي أن يُخطّط لها من أجل تنفيذ المشروع .ومنهم من انطلق من وجهة نظر إدارة المشروعات ووظائفها . يمكننا أن نصوغ تعريفاً للمشروع يتلاءم مع الأسس العلمية للتخطيط الشبكي ويحوي العناصر التالية:الأنشطة،الموارد،القيود الزمنية والمادية، علاقات الترابط المنطقي بين الأعمال والأنشطة ، هدف المشروع، والتعريف على الشكل التالي:

المشروع عمل متكامل مكون من مجموعة من الأعمال الجزئية المرتبطة بعضها مع بعض لتُنجز وفق تسلسل منطقي وبتكلفة وزمن محددين ،حيث تستلزم عملية إنجازها موارد مادية وبشرية،ويعد المشروع منجزاً بإتمام تلك الأعمال جميعاً وبشكل نهائي وبتحقيق الهدف المطلوب.

- **التخطيط الشبكي** : **Network Planning**

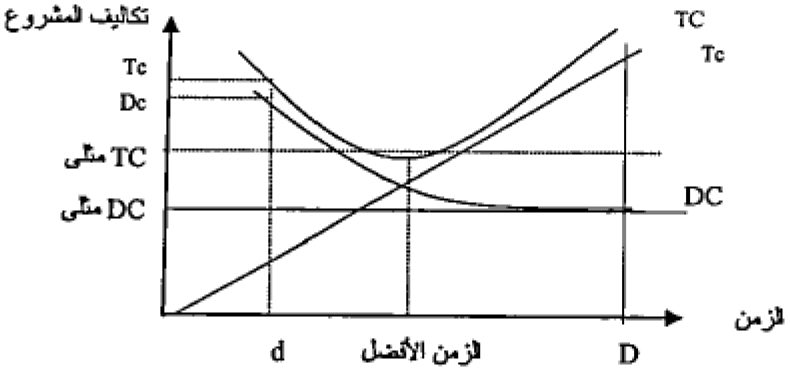
هو أسلوب علمي متطور يستخدم لوضع خطة تنفيذ المشروعات ،و خاصة تلك المشروعات المعقدة التي يمكن تجزئتها إلى مشروعات عمل صغيرة بغرض تسهيل مهمة تنظيم وتخطيط ورقابة تلك المشروعات المعقدة ، ويقوم هذا الأسلوب على أساس تجزئة المشروع إلى أنشطة مختلفة مكونة له ، و تحديد علاقات التتابع و التعاقب بينها مع اختيار وسائل تنفيذ كل نشاط ، والموارد اللازمة لتنفيذه

وتقدير الزمن المطلوب لإنجازه مع عرض المشروع على شبكة العمل ، ووضع كل ما يخص النشاط من تقديرات على هذه الشبكة وتحديد أقل زمن و تكلفة لتنفيذ المشروع .

- **التكاليف Costs :**

تتكون تكاليف المشروع الإجمالية /Total Costs/TC : من نوعين أساسين :

1-التكلفة المباشرة : /Direct Cost /DC و هي كمية الوحدات النقدية المنفقة لإنجاز نشـــاط أو أكثر مثل نفقات (عمالة ، آلات ، مواد). و تختلف هذه التكلفة باختلاف الموارد المطلوبة لإنجاز النشاط من حيث الكم و النوع، نظراً لتأثير الموارد على زمن إنجاز النشـــاط الـــذي يكون على علاقة عكسية مع تكلفة النشاط ، سيؤدي توفر الموارد التي يحتاجها تنفيذ النشاط إلى إنجازه في زمن أقل من الزمن الذي يستغرقه، و ستزداد التكلفة المباشرة لهذا النشاط تبعاً للعلاقة العكسية بين الزمن و التكلفة الواضحة في الشكل (2)التالي [1].



علاقة التكاليف بالزمن

الشكل (2)

2-التكلفة غير المباشرة:/Indirect Cost / IC : وتتكون هذه التكلفة من البنود التالية:

- كمية الوحدات النقدية المنفقة على المشروع بكليّته، ولا تخص نشاطاً معيناً بـــل تـــرتبط مباشرة بمجموع الأنشطة المكونة للمشروع، و تشمل مصـــروفات إداريـــة، إيجـــارات مباني ،ضرائب ....الخ .
- كمية الوحدات النقدية المستحقة للجهة المستفيدة من المشروع عندما يحـــدث تـــأخير في إنجاز المشروع من قبل الإدارة المنفذة له .

---

[1] منصور ، كاسر (2000) "نظرية القرارات الإدارية (مفاهيم و طرائق كمية)" ، الطبعة الأولى ، دار الحامد ، عمان ، الأردن، ص 285.

• الفوائد التي تحصل عليها الجهة المسؤولة عن تنفيذ المشروع عندما تنجـزه قبـل موعـده المحدد.

تعدّ علاقة الزمن بالتكلفة غير المباشرة علاقة خطية وطردية، إذ إنها تزداد مع زيادة مدة المشروع.

إن هذا التقسيم للتكاليف ينطبق على ما يعرف اقتصادياً بالفترة الزمنية القصيرة، و التي لا يهدف خلالها المشروع إلى زيادة طاقاته الإنتاجية. أما إذا كانت الفترة الزمنية طويلة ويعمل المشروع خلالهـا على توسيع طاقاته الإنتاجية فإن التكاليف كلها ستصبح مباشرة.وعندما ينفذ المشروع بـزمن مثـالي dتدعى التكلفة المضغوطة c بينما تسمى بالعادية C إذا نفذ المشروع بزمن طبيعي D.

أما إذا كان المشروع مقسماً إلىN نشاط ، فإن تكلفته المباشرة تساوي مجموع التكاليف المباشرة لأنشطته أي أن :

$$DC = \sum_{k=1}^{N} DC_{\underset{(i,j)}{k}} \qquad (1)$$

حيث أن : DC إجمالي التكلفة المباشرة للمشروع .

حيث: $k = 1,2,\cdots\cdots N$ ، $j = i+1, i+2,......,n$ ، $i = 1,2,3......n-1.$.

$DC_{\underset{(i,j)}{k}}$: التكلفة المباشرة للنشاط (i,j)ذي الترتيب k.و تساوي حاصل مجموع قيم جميع عناصـر التكلفة المباشرة (m)الخاصة بالنشاط (i,j)الذي ترتيبه k كما يلي:

$$DC_{\underset{(i,j)}{k}} = DC_{\underset{(i,j)}{k1}} + DC_{\underset{(i,j)}{k2}} + \cdots\cdots DC_{\underset{(i,j)}{km}}$$

$$DC_{\underset{(i,j)}{k}} = \sum_{l=1}^{m} DC_{(i,j)\,kl} \qquad (2)$$

حيث أن $l = 1,2,....m$ تشير إلى عنصر التكلفة المباشرة .

m :عدد عناصر التكلفة المباشرة الخاصة بالنشاط.

تصبح المعادلة(1) كما يلي:

$$DC = \sum_{k=1}^{N} \sum_{l=1}^{m} DC_{\underset{(i,j)}{kl}} \qquad (3)$$

تمكننا هذه المعادلة من حساب التكلفة المباشرة للمشروع (المضغوطة أو العاديـة) مـن خـلال حساب التكلفة المباشرة (المضغوطة أو العادية) لكل نشاط من أنشطته بالاعتماد على المعادلة (2).

وبما أن التكلفة غير المباشرة تمثل النفقات التي لا ترتبط مباشرة بأنشطة محددة وإنما بمجموع هذه الأنشطة أي بالمشروع كله ،فإن التكلفة غير المباشرة للمشروع هي حاصل جمع قيم جميع عناصر التكلفة غير المباشرة الخاصة بالمشروع كله أي أن :

$$IC = IC_1 + IC_2 + \cdots\cdots IC_w$$

$$IC = \sum_{f=1}^{w} IC_f \qquad (4)$$

حيث w : عدد عناصر التكلفة غير المباشرة للمشروع، w.........$f = 1,2,$.

IC_f : قيمة التكلفة غير المباشرة للعنصر f .

IC :قيمة إجمالي التكلفة غير المباشرة للمشروع .

عندما تصبح قيمة كل من التكاليف المباشرة و غير المباشرة الخاصة بالمشروع معلومة يمكننا أن نحصل من خلال جمعها على التكاليف الإجماليةTC الخاصة بالمشروع أي أن :

$$TC = DC + IC \qquad (5)$$

يُعتمد على هذه المعادلات في تحديد التكلفة العادية و المضغوطة لكل من الأنشطة و المشروع بغية تحديد الخطة الزمنية المثلى للمشروع .

- **PERT/Time**(1):تقنية توجه الاهتمام إلى عنصر الزمن ، وهي أداة للتخطيط والجدولة والرقابة ، حيث تمكن مدير المشروع من تقدير الزمن اللازم لإنجاز المشروع ، كما أنها تقدم وسائل لوضع جداول زمنية لأنشطة المشروع، والمقارنة بين أزمنة الجدولة والأزمنة الفعلية عند وقوع الحدث.

- **PERT/Cost** (2):نظام يقوم على أساس قياس التكاليف ورقابتها ، وذلك على مستوى المشروع وليس على مستوى التنظيم الوظيفي للمنظمة كالأقسام أو الشعب ....الخ،ويتألف بشكل أساس من دورتي التخطيط والرقابة ،حيث تتضمن دورة التخطيط تحديد بنية تقسيم العمل وبالتالي أنشطة المشروع وإعداد شبكة العمل ،وتقدير زمن كل نشاط ، وإعداد الجدولة الزمنية للمشروع ، ومن ثم وضع تقديرات التكلفة وإعادة النظر في الخطة وتعديلها ، بينما يتم في دورة الرقابة الموافقة على خطة المشروع وميزانيته ، وإقرار العمل ، وجمع البيانات الفعلية الخاصة بالتكلفة والزمن ، و إعداد تقارير PERT/Cost وتحليلها وتقرير تقدم العمل.

(1) Kothari,C.R.,1993,Quantitative Techniques ,3rd.ed.,Vikas publishing house, PVT LTD, New Delhi,455.
(2) المرجع السابق ،ص457-466.

متغيرات و رموز البحث :

يعتمد البحث على المتغيرات الرئيسة التالية :

- الزمن Time :

عدد الوحدات الزمنية اللازمة لتنفيذ كل نشاط في المشروع و بالتالي للمشروع كلّه ، وتتمثل الرموز المتعلقة بهذا المتغير بـ:

D : الفترة الزمنية الطبيعية Normal Duration التي يتطلبها تنفيذ النشاط عندما ينجز بطريقة اعتيادية ، ويرمز لها في نظام AOA بـ D_{ij} (*) ، حيث تشير i إلى رقم حدث بداية النشاط وj إلى رقم حدث نهايته .

d : الفترة الزمنية المضغوطة : Crash Duration التي يتطلبها إكمال النشاط إذا تمّ القيام بجهود خاصة لتقليص الزمن إلى الحد الأدنى. و يرمز لها بـ d_{ij} في نظام AOA.

T : الفترة الزمنية الطبيعية اللازمة لإنهاء المشروع ، و تساوي مجموع المدد الزمنية الطبيعية للأنشطة المنتمية إلى المسار الحرج أي :

$$T = \sum_{\substack{\forall(i,j)\in c.p\\ k=1}}^{m} \left(D_{ij}\right)_k \qquad \text{أو} \qquad T = \sum_{k=1}^{m} D_k$$

حيث: m عدد الأنشطة الحرجة و $k = 1,2,\cdots\cdots m.$ أعداد طبيعية .

$\forall(i,j)\in c.p.$: أياً كان النشاط (i,j) ينتمي إلى المسار الحرج.

t : الفترة الزمنية المضغوطة اللازمة لإنهاء المشروع، و تساوي مجموع الأزمنة المضغوطة اللازمة لإنجاز الأنشطة الحرجة أي :

$$t = \sum_{\substack{\forall(i,j)\in c.p\\ k=1}}^{l} \left(d_{ij}\right)_k \qquad \text{أو} \qquad t = \sum_{k=1}^{l} d_k$$

حيث l :عدد الأنشطة الحرجة الناتجة عن عملية الضغط ،و ليس بالضرورة أن يكون $m = l$.

يتم تقدير الأزمنة السابقة باستخدام أي وحدات زمنية ملائمة،ولكن تعد الأيام من أهم الوحدات الزمنية المستخدمة في عملية تقدير أزمنة الأنشطة والمشروع،وذلك بسبب سهولة التحويل إلى تاريخ تقويمي عند استخدامها،وتحديد أيام العطل و الإجازات والتوقف عن العمل. تبنى التقديرات السابقة

(*) سنرمز للنظام الموجه للأحداث بهذا الرمز نظراً لشيوع استخدامه .

على فهم و دراية و معرفة بالعمل الواجب القيام به و الأساليب الفنية المستخدمة ، لأن أي فهم خاطئ سيقود إلى خطأ في عملية التقدير ،و سيؤثر بالتالي في حجم الموارد المتاحة للاستخدام في أي نشاط وفي أساليب الإنتاج[1].

- **التكلفة Cost :**

المبالغ النقدية المنفقة من أجل إنجاز أنشطة المشروع،وهي نوعان:[2]

C : التكلفة الطبيعية الإجمالية Total Normal Cost وتعبر عن مقدار الوحدات النقدية التي يتطلبها تنفيذ النشاط في الزمن الطبيعي المحدد لإنجازه ،و يرمز لها بـ C_{ij} في نظام AOA.

c :ترمز إلى التكلفة المضغوطة الإجمالية Total crash cost وهي المبالغ النقدية المنفقة على تنفيذ النشاط ، عندما يتم الإسراع في عملية التنفيذ ويرمز لها بـ c_{ij} في نظام AOA .

---

[1] مركز التنمية الصناعية للدول العربية (1975):برمجة ورقابة تنفيذ المشروعات الصناعية في الدول النامية ،جامعة الدول العربية،ص33.

[2] Burk ,Rory (1992)"Project Management Planning and Control", p 2 ،مرجع سبق ذكره.

الفصل الأول

نماذج شبكات الأعمال التقليدية

Traditional Network Models

المبحث الأول

أنظمة نماذج شبكات الأعمال التقليدية

Traditional Network Model's Systems

تمهيد:

ظهرت نماذج شبكات الأعمال في ثلاثة أنظمة، أولها النظام الموجه للأحداث، الذي يتبع طريقة تمثيل أنشطة المشروع بوساطة أسهم على شبكة العمل . ونتيجة البحث والتطوير الذي قام به العلماء بعد ظهور هذا النظام، تم التوصل إلى ثاني هذه الأنظمة الذي يتم فيه تمثيل أنشطة المشروع بوساطة عقد على شبكة العمل، دعي هذا النظام بالنظام الموجه للأنشطة، حيث أن منهج الطريقة العقدية يعتمد على تمثيل النشاط بـ (دائرة، مستطيل، مربع، ... الخ) على شبكة عمل المشروع وليس بسهم .

لم يكتفِ الباحثون والعلماء بهذين النظامين ، بل استمروا في بحوثهم ، فعمدوا إلى دمج نظام واحد من النظامين السابقين مع مخطط جانت، وأطلقوا على النظام الناتج عن عملية الدمج اسم النظام المختلط، وعلى الشبكة المصممة وفق هذا النظام اسم الشبكة الزمنية Time Network .

ينبغي أن نشير قبل الحديث عن الأسس العلمية الواجب اتباعها في بناء الشبكة لكل نظام، إلى أن بناء شبكات الأعمال يتطلب القيام بمجموعة من الخطوات الأساسة قبل تحديد النظام الذي سيُعتمد في بناء الشبكة، ورسمها وعرض المعلومات عليها. وتتمثل هذه الخطوات بالآتي:

1- **تحديد المشروع وتعريفه:** وذلك بتحديد مجال العمل scope للمشروع المراد وضع خطة تنفيذه، وتحديد البداية والنهاية لهذا المشروع، والهدف منه و الموعد الأخير المستهدف للانتهاء من إنجاز المشروع .[1]

2- **بنية تقسيم العمل في المشروع:** Work Breakdown Structure : يتم تقسيم المشروع إلى مراحل أساسة وجزئية وعمليات وأنشطة، وذلك حسب حجمه، فالمشروع الضخم يقسم إلى مراحل

---

(1) نجم ، نجم عبود ،(2001)"إدارة العمليات : النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة"،الجزء الأول، معهد الإدارة العامة، مركز البحوث ، الرياض، ص 90 .

أساسة ، تعدُّ كل مرحلة من هذه المراحل مشروعاً خاصاً، مما يسهل عملية إدارة المشـــروعات الضخمة والمعقدة وتنظيمها وتمويلها ، هذا وتقسم هذه المراحل الأساسة بـــدورها إلى مراحـــل جزئية مكونة من مجموعة من الأجزاء،تشكل عمليات وأنشطة المشروع التي يجب تحديدها لكل مرحلة جزئية، حيث يعدُّ كل نشاط وحدة تنفيذية وعملاً محدداً كماً ونوعاً له أزمنة بدء وإنهاء محددة بدقة، وغير متداخل مع الأنشطة الأخرى،يجري تحليله زمنياً واقتصادياً بمعزل عن الأنشطة الأخرى. أما المشروعات المتوسطة فتقسم إلى مراحل جزئية، ومن ثم تفرق هذه المراحل الجزئية إلى العمليات والأنشطة المكونة منها، أما فيما يخص المشروع الصغير فإنه يجـــزأ إلى الأنشـــطة المكونة له مباشرة.

تجب الإشارة في هذا المجال إلى أن أي خطأ يرتكب في عملية التقسيم أو إغفال لأي نشاط يؤدي إلى وضع خطة عمل غير فعالة،واعتماد شبكة عمل لا تمكننا من إنهاء المشروع في موعده المحدد،لذلك يجـــب على المخطط أن يتوخى الحذر والدقة في عملية التقسيم مع مراعاة الأمور التالية[1]:

أ- الفصل بين الأنشطة التي تعود مسؤولية تنفيذها إلى جهات مختلفة .

ب- تمييز الأنشطة التي تحتاج إلى اختصاصات حرفية أو فنية مختلفة .

ت- تمييز الأنشطة التي تستخدم مواد مختلفة .

ث- الفصل بين الأنشطة التي تحتاج إلى معدات من أنواع مختلفة.

ج- الفصل بين الأنشطة التي تنفذ في أماكن مختلفة من المشروع في أوقات متباينة أو بوســـاطة فـــرق عمال مختلفة.

كما يتوجب على المخطط عند تحديد بنية تقسيم العمل أن يميز بين نوعين من الأنشطة والأعمال:

أ- **الأنشطة البسيطة**: التي يمكن تحديد العمل الفرعي الذي تمثله بسهولة أثناء تجزئة المشروع، وتحديد بنية تقسيم العمل ،كما ويمكن تجزئتها أيضاً إلى أجزاء معينة.

ب-**الأنشطة المركبة** : التي تتكون من مجموعة من الأعمال المترابطة ، التي لا تقبل التجزئـــة ، والـــتي تدعى حزمة العمل Work Package .

3- **تحديد العلاقات بين الأنشطة**: والمتمثلة بما يلي :

أ- **علاقات التزامن** : أي الأنشطة التي تبدأ معاً أو تنتهي معاً.

(1) الدحاني، عامر(1985):" طريقة المسار الحرج في إدارة المشاريع الإنشائية"،الطبعة الأولى، دار المستقبل العربي ،القاهرة ،ص34.

ب- **علاقات التعاقب** : الأنشطة التي لا يمكن أن تبدأ إلا بعد أن تنتهي الأنشطة السابقة لها .

جـ- **علاقات الاستقلال** : الأنشطة التي لا يتطلب تنفيذها ضرورة ارتباطها بأنشطة أخرى،وتكون مستقلة عنها وتمثل بشكل موازٍ. وبناءً على هذه العلاقات وترتيب وتعاقب الأنشطة تنظم شبكة العمل .

4- **تقدير الزمن اللازم لإنجاز كل نشاط من أنشطة المشروع** : تختلف طريقة التقدير باختلاف النموذج الشبكي المعتمد في وضع خطة العمل للمشروع .هذا ما سيتم توضيحه أثناء عرض كل نموذج شبكي .

5- **تحديد طريقة تنفيذ النشاط**: وذلك بعد الأخذ في الحسبان الموارد المتوفرة من عمالة وآلات ومواد .....الخ .

يجب بعد الانتهاء من الإجراءات السابقة وضع قائمة بأنشطة المشروع توضح تسلسلها المنطقي وترتيبها ،والزمن المقدر لإنجاز كل منها ،وتحديد النظام الملائم للنموذج الشبكي المستخدم في وضع خطة وجدولة المشروع ومراقبته ، ومن ثم نقوم برسم شبكة العمل ،وإجراء الحسابات اللازمة بما يتلاءم و قواعد كل نظام.

وفيما يلي نعرض القواعد والأسس الواجب مراعاتها في بناء الشبكات حسب كل نظام :

1-1-1- النظام الموجه للأحداث : Event Oriented System

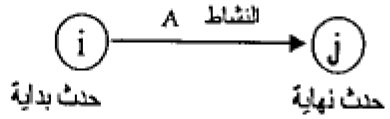
يعدُّ هذا النظام من أكثر الأنظمة شيوعاً واستخداماً حتى اليوم في بناء شبكة عمل المشروع التي تعرض خطة المشروع الواجب اتباعها أثناء عملية التنفيذ بسبب ظهوره قبل أي نظام آخر ، حيث تكون عناصر الشبكة المرسومة حسب هذا النظام مما يلي: (1)

1- عقد تشير إلى الأحداث الممثلة للنقاط الزمنية الممثلة لنهاية أنشطة سابقة وبداية أنشطة لاحقة .

2- أسهم موجهة تشير إلى الأنشطة والمهام والأعمال أو أجزاء منها والتي ينبغي انجازها لينتهي المشروع في وقته المحدد . حيث يمثل كل سهم نشاطاً واحداً فقط، وقد يكون النشاط مجزأً وممثلاً بعدد من الأسهم. يقع كل من طرفي السهم عند عقدتين الأولى تدعى حدث بداية النشاط والأخرى تدعى حدث نهايته كما في الشكل (1-1):

---

(1) Martino ,R.L. (1964)" Project Management and Control" ,vol.1, Finding the critical path 3rd.ed.American Management Association, NewYork,p33.



تمثيل حدث بداية ونهاية النشاط

الشكل (1-1)

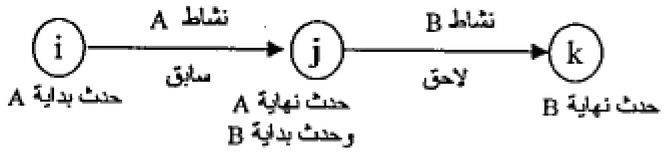
3- أسهم منقطعة تشير إلى الأنشطة الوهمية التي تستخدم بهدف توضيح العلاقات المنطقية والمتسلسلة بين أنشطة المشروع ، كما يتضح في الملحق B .

تربط بين العناصر السابقة علاقات منطقية يمكن فهمها بوضوح على شبكة العمل،حيث كان يعتقد بوجود علاقة منطقية واحدة فقط، يتم عرضها على شبكة العمل المصممة وفق هذا النظام وهي علاقة التسلسل المنطقي أي"أنه: لا يمكن لنشاط أن يبدأ ما لم تنجز جميع الأنشطة السابقة له" (1) .

و أشارت الدراسات الحديثة مؤخراً ، إلى وجود ثلاثة أنواع من العلاقات الترابطية بين الأنشطة وهي التالية: *

1- العلاقات المتسلسلة : Serial Relationships

نقول عن علاقة ترابطية بين نشاطين إنها علاقة متسلسلة إذا كان أحد هذين النشاطين نشاطاً سابقاً لنشاط آخر يتلوه ،حيث لا يمكن للنشاط اللاحق أن يبدأ إلا بعد إنجاز النشاط السابق له ووقوع حدث نهاية النشاط السابق . كما في الشكل (1-2)، والذي يوضح أن النشاط B لا يبدأ إلا بعد تحقق الحدث رقم (j) والانتهاء من النشاط A :



علاقة متسلسلة بين نشاطين

الشكل (1-2)

2- العلاقات المتوازية:Parallel Relationships

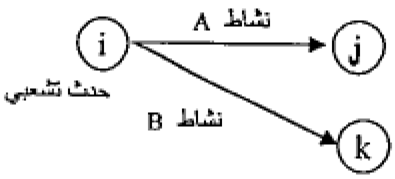
تكون العلاقة الترابطية بين نشاطين علاقة متوازية إذا كان لهذين النشاطين حدث البداية ذاته وحدثا نهاية مختلفين ، حيث يبدأ كل من هذين النشاطين في الوقت نفسه، ولكن ينجز النشاط ذو الزمن الأقل

---

(1) زايد ، مصطفى (1997)" :إدارة المشروعات ، ص 81 ، مرجع سبق ذكره .

* هذا ما أشار إليه كل من Dr. Ching-Hwang Wang الأستاذ في قسم الهندسة الإنشائية في جامعة تايوان الوطنية للعلوم والتكنولوجيا وDr. Yu Chum Hung الأستاذ المساعد في قسم الهندسة المعمارية في كلية Hwa Hsia للتجارة والتكنولوجيا عندما درسا أثر الترابط المنطقي على تباين تكلفة المشروع في مقالتهما التي تحمل عنوان " طريقة جديدة لحساب تباين تكلفة المشروع" المنشورة في International. Journal of project Management,vo.18, N.2,April, 2000, p 134.

أولاً . وعندها يدعى حدث بداية هذين النشاطين الحدث التشعبي Burst Event الذي ينطلق منه أكثر من سهم ،كما هو موضح في الشكل (1-3)التالي :

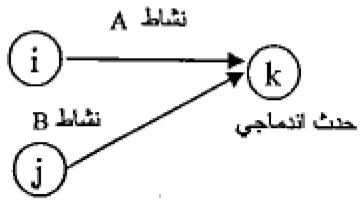


علاقة متوازية بين نشاطين

الشكل(1-3)

3-العلاقات المتداخلة (التشابكية) :Overlapping Relationships

نقول عن العلاقة الترابطية بين نشاطين إنها علاقة تشابكية ، إذا تم الانتهاء من النشاطين في الوقت نفسه، ولكن بأزمنة بدء مختلفة، فيكون لهما حدث نهاية واحد وأحداث بداية مختلفة،ويبدأ النشاط ذو الزمن الأطول أولاً،وعندها يدعى حدث النهاية حدثاً اندماجياً Merge Event ينتهي عنده أكثر من نشاط كما في الشكل (1-4)التالي:



علاقة تشابكية بين نشاطين

الشكل(1-4)

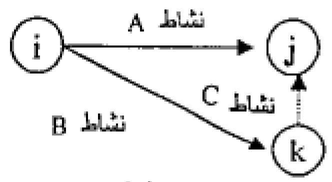
1-1-1-1- قواعد بناء شبكة AOA:

يتوجب على المخطط أن يراعي مجموعة من القواعد عندما يقوم برسم الشبكة بالاعتماد على هذا النظام ، وتتمثل هذه القواعد بالآتي[1] :

1- لا يمكن أن يكون لنشاطين أو أكثر حدثا البداية والنهاية نفسه،وعندما تعترضنا هذه الحالة نلجأ إلى استخدام الأنشطة الوهمية التي تساعدنا في الحفاظ على منطق الشبكة، كما يُظهر لنا الشكل (1-5)أن النشاطين A وB يبدأ كل منهما بالحدث رقم i ، وينتهيان بالحدث رقمj، ويتم تصحيح هذه الحالة باستخدام النشاط الوهمي C والحدث الوهمي k :

---

(1) الحكيم ، لطيف وآخرون (1987)،"مدخل إلى بحوث العمليات "، مرجع سبق ذكره بص 194 .



تصحيح الحالة

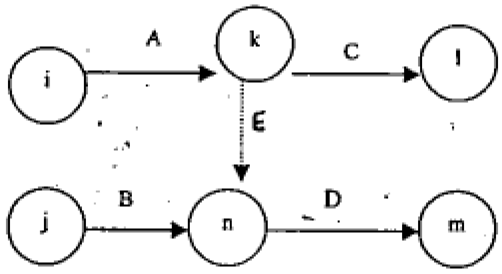


حالة خاطئة

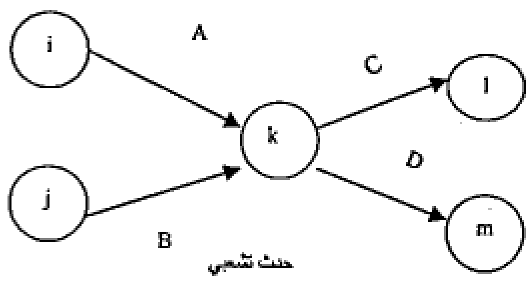
القاعدة الأولى في بناء الشبكاتAOA

الشكل(1-5)

2- يمكن أن يكون لنشاطين أو أكثر حدث بداية واحد أو حدث نهاية واحد، ويفضل في هذه الحالة استخدام الأنشطة الوهمية، عندما تؤثر علاقة النشاطين المتوازية أو التشابكية في بدء أو نهاية أنشطة أخرى كما في الشكل (1-6) حيث نجد أن النشاطين A و B ينتهيان في الوقت نفسه فترتبط بينهما علاقة تشابكية ، وعندها يكون البدء بالنشاط D مرتبط بإنجازA,B معاً، والبدء بالنشاط الآخر C مرتبط بإنجاز النشاط A أيضاً. لكن العلاقة التشابكية تجعل البدء بكلا النشاطين C وD مرتبطاً بإنجاز A وB معاً، في هذه الحالة يستخدم النشاط الوهمي E للمحافظة على منطق الشبكة :



تصحيح الحالة

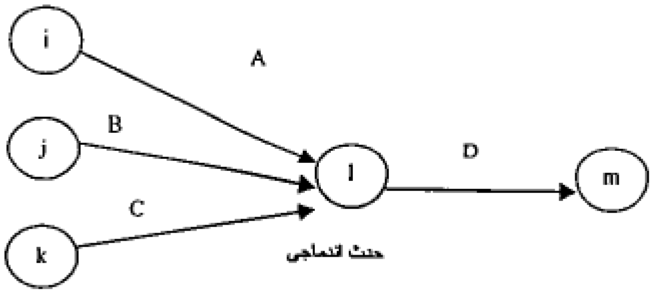


حالة خاطئة

القاعدة الثانية لبناء الشبكات AOA

الشكل (1-6)

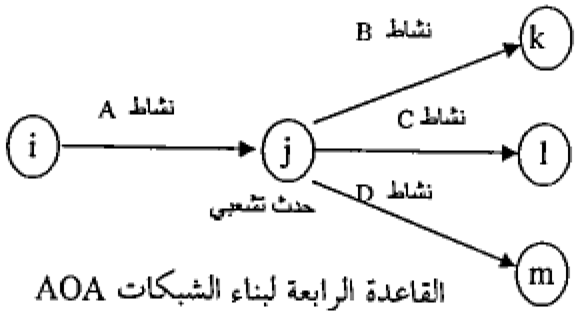
3- لا يمكن أن يبدأ نشاط ويتحقق حدث بدايته ما لم تنجز جميع الأنشطة السابقة له التي تنتهي عند حدث بدايته، عندئذ تدعى هذه الأنشطة السابقة الأنشطة الممهدة ، كما يوضح لنا الشكل (1-7) بأنه لا يمكن للحدث الاندماجي رقم 1 أن يتحقق ويبدأ النشاط D إلا بعد الانتهاء من الأنشطة A وB وC :



القاعدة الثالثة لبناء الشبكاتAOA

الشكل (1-7)

4- عندما يتوقف البدء بمجموعة من الأنشطة على انتهاء نشاط سابق لها، فلا يمكن البدء بأي نشاط من المجموعة السابقة إلا بعد الانتهاء من ذلك النشاط الذي يدعى النشاط الممهد، حيث نجـــد أن كل من الأنشطةB وC وD لا يمكن أن تبدأ و يتحقق حدث بدايتها (j) إلا بعد الانتهاء من إنجاز النشاط A ،كما في الشكل (1-8) التالي :



القاعدة الرابعة لبناء الشبكات AOA

الشكل (1-8)

توجد بالإضافة إلى القواعد السابقة مجموعة من القواعد التي تفرضها بعض برامج الحاسوب الجـــاهزة [1] M.S. project و Primavera ، MC Tools منها :

1- عرض أنشطة المشروع بصورة منطقية ومطردة في خط سير إلى الأمام ، تمنع حالـــة الـــدوران Looping وتجنب رسم أسهم معكوسة الاتجاه تشكل حلقة مغلقة .

2- تجنب رسم أسهم متقاطعة ، نظراً لأنها تعيق فهم الشبكة ووضوحها ، وتعيق عمليـــة متابعـــة الحسابات .

3- تسمية كل نشاط برقمي حدث بدايته ونهايته .

نجد من خلال ما سبق أن شبكة عمل المشروع لا تتضمن أي حدث متدلٍّ ،بمعنى أن كل حـــدث في الشبكة يجب أن ينطلق منه ويصل إليه سهم واحد على الأقل ، و ذلك باستثناء حدث بدايـــة المشـــروع

---

[1] زايد ، مصطفى ،" إدارة المشروعات "، مرجع سابق ، ص30.

الذي ينطلق منه سهم أو أكثر ولا يصل إليه أي سهم ، وكذلك حدث نهاية المشروع الذي لا ينطلق منه أي سهم بينما يصله سهم أو أكثر ، وعندما تصادفنا حالة وجود حدث متدلٍّ في الشبكة ،يدل هذا على وجود أخطاء في تحديد العلاقات المنطقية بين الأنشطة أو أثناء تحديد بنية تقسيم العمل نتيجة إغفال وإهمال نشاط ما أو أخطاء في رسم الشبكة ، عندئذ ينبغي إعادة النظر في بنية تقسيم العمل ،وفي العلاقات المنطقية بين الأنشطة ، وتحديدها بشكل دقيق ، وإعادة رسم شبكة عمل المشروع من جديد .

1-1-1-2 – مؤشرات عناصر الشبكة وطريقة حسابها :

تقسم هذه المؤشرات إلى مؤشرات خاصة بالأحداث ، ومؤشرات خاصة بالأنشطة الممثلة بأسهم على شبكة العمل ، وتشمل هذه المؤشرات ما يلي :

❖ **مؤشرات خاصة بالأحداث** : تتمثل المؤشرات الخاصة بحدث معين بــ:

1- ترقيم أحداث الشبكة :

تتم عملية الترقيم لأحداث الشبكة وفقاً للعرف الشائع ، والذي ينص على إعطاء الحدث الأول في الشبكة، والممثل لحدث بداية المشروع الرقم(1)* وإعطاء بقية الأحداث أرقاماً متتالية مع الأخذ في الحسبان التسلسل المنطقي وعلاقات الأسبقية الواجب مراعاتها عند بناء الشبكة ، إضافة إلى مراعاة شرط الترقيم حيث: يجب أن يكون رقم حدث نهاية النشاط أكبر من رقم حدث بداية النشاط .هذا وتجري عملية الترقيم وفق الاتجاه المعتمد للأسهم ، وتبدأ من اليسار إلى اليمين عندما ترسم الشبكة من اليسار إلى اليمين ، وتكون أسهمها موجهة إلى هذا الاتجاه . ويمكن أن تتم عملية الترقيم لأحداث الشبكة باستخدام طرائق أخرى نذكر منها :

أ-يعطى الرقم(1) لحدث بداية المشروع و الأحداث الأخرى أرقاماً متتالية وعندما نصل إلى حدث يمثل نقطة تقاطع المسارات، نقوم بتحديد السلاسل التي تمثل أجزاء من هذه المسارات بين أحداث التقاطع ،وترقم أحداث كل سلسلة على حدة حتى يتم ترقيم أحداث السلاسل كافة. يعطى حدث نقطة التقاطع التالية الرقم الخاص بها ،وهكذا تكرر هذه الخطوات حتى يتم ترقيم جميع أحداث الشبكة[1].

يتضح أن هذه الطريقة مربكة ومعقدة وخاصة في شبكات الأعمال الكبيرة التي تحوي أعداداً ضخمة من الأنشطة والأحداث مما يعرّض المخطط للخطأ في عملية الترقيم،وبالتالي عدم وضوح علاقات الأسبقية على شبكة عمل المشروع ، وقد تعطينا هذه الطريقة فهماً خاطئاً لهذه العلاقات

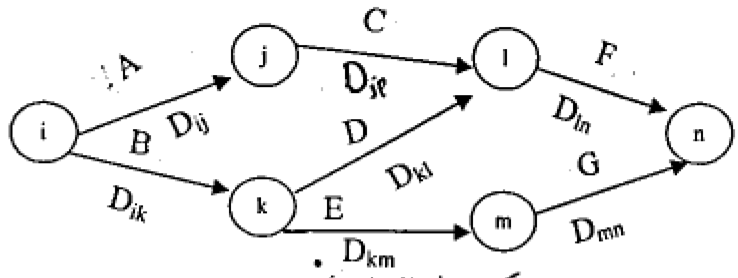
---

[1] للتوسع انظر : الحكيم ، لطيف وآخرون ،" مدخل إلى بحوث العمليات"، مرجع سابق، ص195.

علاقات الأسبقية على شبكة عمل المشروع ، وقد تعطينا هذه الطريقة فهماً خاطئاً لهذه العلاقات التي تعرضها شبكة العمل . إضافة إلى ذلك فإن إتباع هذه الطريقة يستهلك من وقت المخطط قدراً كبيراً فتصبح مملة وغير مرغوبة .

ب- يعطى الحدث الأول في الشبكة الرقم(0) وتحذف جميع الأسهم المنطلقة من هذا الحدث ، فيتم الحصول على مجموعة من الأحداث لا يصلها أي سهم، وليكن عدد هذه الأحداث k_1 حيث k_1 عدد صحيح موجب. تعطى هذه الأحداث أرقاماً متزايدة بدءاً من 1 و حتى k_1 تحذف الأسهم الصادرة من أحداث المجموعة السابقة التي تم ترقيمها فنحصل من جديد على مجموعة أخرى من الأحداث عددها k_2 لا يصل إليها أي سهم ،فنقوم بإعطائها أرقاماً متتالية بدءاً من k_1+1 وحتى k_1+k_2 ،حيث k_2 عدد صحيح موجب . تكرر هذه العملية حتى يتم ترقيم أحداث الشبكة كافة. حيث تراعى عند عملية ترقيم أحداث كل مجموعة شرط الترقيم السابق.[1]

نرى أن من محددات هذه الطريقة أنها لا تأخذ في الحسبان مقدار الوحدات الزمنية التي تستغرقها الأنشطة السابقة لأحداث كل مجموعة حتى تنجز مما يعرقل عملية فهم العلاقات المنطقية ويعيق وضوحها على الشبكة . ولتوضيح ذلك نفرض أنه لدينا شبكة عمل مشروع ما، ونريد ترقيم أحداث هذه الشبكة الموضحة في الشكل (1-9) التالي :



شبكة عمل افتراضية*

الشكل (1-9)

لنقم بترقيم أحداث هذه الشبكة وفق الطريقة (ب) : نعطي i الرقم (0)، ونحذف جميع الأسهم الصادرة من الحدث i فنحصل على الحدثين k, j فنعطيهما الرقمين 2,1 على الترتيب و بهذه الحالة يكون شرط الترقيم محققاً .

---

(1) العلي ، إبراهيم (1991)،"بحوث العمليات"، جامعة تشرين ، اللاذقية ، ص492 .

* الشبكة مفترضة و مصممة من قبل الباحث .

لو فرضنا أن $D_{ik}<D_{ij}$ ، فحسب علاقة التوازي بين الأنشطة التي لها حدث البداية ذاته فإن النشاط B ينفذ أولاً ويتحقق حدث نهايته k قبل تنفيذ النشاط A و وقوع حدث نهايته j،أي أن الترقيم السابق يتناقض مع العلاقة المنطقية بين النشاطين A وB ، لذلك نقترح عند اتباع هذه الطريقة الأخذ بالشروط التالية ، إضافة إلى شروطها السابقة وهي :

لتحقيق علاقات الأسبقية يجب أن نفاضل بين المقادير الزمنية للأنشطة الممثلة بالأسهم المحذوفة والمنطلقة من أحداث المجموعة السابقة لكل مجموعة من مجموعات الأحداث التي يجب، ترقيمها ، فنعطي الرقم الأول الذي يجب أن ترقم به أحداث هذه المجموعة للحدث الذي يحقق الزمن الذي يستغرقه النشاط السابق له ، والممثل بأحد الأسهم المحذوفة العلاقة (1-1) التالية :

$$Min\ [\ D_{ij}\ ] \qquad (1-1)$$

وهكذا بالنسبة لبقية الأحداث في المجموعة ، حيث يعطى الرقم الثاني الذي يجب أن ترقم به أحداث هذه المجموعة للحدث الذي يحقق الزمن الذي يستغرقه النشاط السابق له العلاقة السابقة،وذلك بعد تجاهل زمن النشاط السابق للحدث الذي تم إعطاؤه الرقم الأول من أرقام هذه المجموعة .

أما عند تساوي المدد الزمنية للأنشطة الممثلة بالأسهم المحذوفة ، فيمكن العودة إلى أحداث بداية هذه الأنشطة ومعرفة رقم كل منها ،حيث يعطى الرقم الأول الذي يجب أن نبدأ الترقيم به لحدث نهاية النشاط الذي أخذ حدث بدايته الرقم الأدنى ،أما إذا كانت الأنشطة الممثلة بالأسهم المحذوفة لها حدث بداية واحد،هنا تعطى أحداث نهاياتها أرقاماً متتالية ،ولكن عند الإسقاط على محور الزمن الأفقي يجب الانتباه وإعطاء الأحداث الرقم نفسه.

تطبق العلاقة (1-1) عندما يكون لكل حدث في المجموعة نشاط سابق واحد فقط حدث بدايته ينتمي إلى المجموعة السابقة مباشرة لهذه المجموعة من الأحداث ،أما عندما يكون الحدث حدثاً اندماجياً ، فيجب أن نفاضل بين المقادير الزمنية اللازمة لإنجاز الأنشطة الممثلة بالأسهم المحذوفة والمنطلقة من أحداث المجموعة السابقة مباشرة لمجموعته وذلك باستخدام العلاقة (1-2) التالية:

$$Max\ \ [\ D_{ij}\ ] \qquad (2-1)$$

$\forall(i,j)$ نشاط له حدث النهاية الاندماجي j .

فيصبح لكل حدث اندماجي قيمة $/D_{ij}/$ مختارة ، فتتم المفاضلة بين هذه القيم المختارة ولجميع الأحداث بما فيها القيم الخاصة بالأحداث التي يصلها سهم واحد فقط محذوف فنختار أصغر هذه القيم وفق العلاقة رقم (1-1) السابقة . وإذا كانت جميع أحداث المجموعة أحداثاً اندماجية فنطبق العلاقة (1-3) التالية لترقيم أحداثها :

$$Min\ \{\ \ Max\ [D_{ij}]\ \} \qquad (3-1)$$

يعطى الحدث الذي يحقق العلاقة السابقة (3-1) أصغر رقم يجب أن تبدأ به أرقام أحداث هذه المجموعة،وهكذا تُرقم أحداث الشبكة مع مراعاة شرط الترقيم وعلاقات الأسبقية في آن واحد*.

يمكننا أن نجني فوائد عديدة من عملية الترقيم تتلخص في الأمور التالية :[1]

1- تمكننا أرقام أحداث الشبكة من وصف الأنشطة بأرقام أحداث بداياتها ونهاياتها بدلاً من وصفها بالترتيب الأبجدي ، أو بعبارة توضح العمل و المهمة التي يمثلها كل سهم في شبكة المشروع، ويلائم هذا الوصف برامج الحاسوب الجاهزة ، حيث يوصف النشاط A الموضح في الشكل (1-1) برقمي حدثي بدايته ونهايته أي النشاط (i ,j).

2 - تمكننا عملية الترقيم من أن نختار مباشرة النشاط الممثل بشكل رقمي وبسهولة أكبر من البحث في قائمة وصف الأنشطة .

3- يكون التسلسل واضحاً بشكل مباشر،كأن نقول النشاط(i,j) يسبق النشاط (j,k) والنشاطان(k,l)،(k,m) متزامنان مع بعضهما البعض،والنشاطان(k,l),(k,m) يليان النشاط (j ,k) .

4- يمكننا الإشارة إلى علاقات التسلسل المنطقي بين الأنشطة بسهولة وبساطة وسرعة . كأن نقول إن النشاطين (j,k)،(j,l) يبدأان بعد أن ينتهي النشاط(i, j)،وهذا يكون أسرع وأسهل من أن نصف ذلك بالعبارة التوضيحية التقليدية المتمثلة بوصف النشاط وتوضيح مجال العمل الذي يمثله كل نشاط .

2- الزمن المبكر للحدث :Event's Earliest Time

وهو يمثل الزمن الأقل الذي يمكن من خلاله الوصول إلى الحدث رقم i ، ويرمز له بالرمز E_i، ويشير إلى عدد الوحدات الزمنية المنقضية منذ بداية العمل في المشروع حتى الحدث رقم i شرط أن يبدأ كل نشاط بأبكر زمن ممكن .

لا يمكن للحدث الاندماجي k الموضح في الشكل (1-4) أن يقع حتى ينجز النشاطانA وB شرط أن يتحقق حدثا بدايتهما ويبدأا بأبكر زمن ممكن، لنفرض أن $D_{ik} > D_{jk}$ ، في هذه الحالة لا يتحقق الحدث k حتى ينجز A شرط أن يبدأ A بأبكر زمن ممكن أي يتحقق كل حدث بأبكر زمن ممكن ، عندئذ يمكننا القول إن الزمن المبكر لحدث ما هو عدد الوحدات الزمنية المحسوبة بوساطة أطول مسار يصل إليه .

---

*لمزيد من الاطلاع حول طريقة الترقيم المقترحة انظر الملحق I

(1) Martino , R.I ." project Management and control ", مرجع سبق ذكره، p 28.

تجري عملية حساب هذا الزمن وفق اتجاه أمامي Forward Pass ، يمثل عملية الانتقال من اليسار إلى اليمين، وذلك بعد افتراض أن زمن بداية المشروع يساوي الصفر، فيكون الزمن المبكـــر لحـــدث بدايـــة المشروع رقم (1) مساوياً للصفر أي:

$$E_1 = 0 \qquad (4\text{-}1)$$

نميز بين حالتين عند حساب الزمن المبكر للأحداث الأخرى في الشبكة :

1-عندما يكون الحدث رقم j حدث نهاية لنشاط واحد فقط هو(i,j) فإن الزمن المبكر للحدث (E_j) j يساوي الزمن المبكر لحدث بداية ذلك النشاط i(E_i) مضافاً إليه الزمن اللازم لإنجاز النشاط كمـــا في العلاقة (1-5) التالية :

$$E_j = E_i + D_{ij} \qquad (5\text{-}1)$$

2-عندما يكون الحدث j حدث نهاية لعدة أنشطة أي حدثاً اندماجياً ، فنجد E_j تحسب من العلاقة (1-6) التالية :

$$E_j = \text{Max}\,[\,E_i + D_{ij}\,] \qquad (6\text{-}1)$$

حيث j رقم حدث تالي للحدث رقم i .

أما بالنسبة للحدث الأخير رقم n فإن الزمن المبكر لهذا الحدث هو الزمن اللازم لإنجاز المشـــروع أي :

$$E_n = T \qquad (7\text{-}1)$$

حيث T الزمن اللازم لإنجاز المشروع .

3- الزمن المتأخر للحدث : Event's Latest Time

يعبر الزمن المتأخر للحدث(L_i) عن أقصى زمن يجب أن يستغرقه الحدث ليتحقق حتى لا يتأثر وقت المشروع المحدد ويحدث تأخيراً في إنجاز المشروع ، ويضمن هذا الزمن أن تنجز كافة أنشـــطة المشـــروع والمشروع نفسه كاملاً في الوقت المحدد .

تجري عملية حساب هذا الزمن وفق اتجاه عكسي يمثل عملية الانتقال من اليمين إلى اليسار خـــلال شبكة عمل المشروع .ولحسابه نضع الزمن المتأخر لحدث نهاية المشروع رقم n مساوياً للزمن المبكر لهـــذا الحدث أي ننطلق من أن:

$$E_n = L_n = T \qquad (8\text{-}1)$$

نميز بين حالتين بالنسبة للأحداث الأخرى :

أ - إذا كان الحدث رقم i حدث بداية لنشاط واحد فقط هو النشاط (i,j) فإن L_i يعطى بالعلاقة (1-9) التالية :

$$L_i = L_j - D_{ij} \qquad (9\text{-}1)$$

ب- إذا كان الحدث يمثل حدث بداية لأكثر من نشاط واحد فإن الزمن المتأخر لذلك الحدث يحسب بالعلاقة (1-10) التالية :

$$L_i = Max\,[\,L_j - D_{ij}\,] \qquad (10\text{-}1)$$

4-الاحتياطي الزمني للحدث : Event's Slack Time /S_i/

يحسب هذا الزمن لتحديد فيما إذا كان الحدث حدثاً حرجاً أم لا ويعطى بالعلاقة (1-11) التالية :

$$S_i = L_i - E_i \qquad (11\text{-}1)$$

أي أن مقدار الفرق بين الزمن المتأخر والمبكر للحدث يعبر عن مقدار الوحدات الزمنية الفائضة التي يمكن استخدامها لضغط شبكة العمل .

وعندما يكون الاحتياطي الزمني للحدث معدوماً أي : $S_i = 0$ ،فإن هذا الحدث يكون حرجاً.

نستنتج من خلال ما سبق ومن مفهوم المسار الحرج أن من الضروري أن يكون كل من حدثي بداية المشروع ونهايته حدثين حرجين أي :

$$L_1 = 0\,,\, E_1 = 0 \;\rightarrow\; S_1 = 0$$
$$L_n = T\,,\, E_n = T \;\rightarrow\; S_n = T - T = 0$$

تدعى الطريقة السابقة المستخدمة في حساب أزمنة الحدث الطريقة التحليلية .[1]

توجد طرائق أخرى لحساب أزمنة الحدث غير الطريقة التحليلية وهي الآتية :

1- طريقة البرمجة الخطية Linear Programming / Lp / في حساب أزمنة الحدث :

تضم شبكة عمل أي مشروع مجموعة من الأحداث مرقمة من/1/ حتى/n/ ، نرمز بـ E_i للزمن المبكر للحدث رقم i ، ويمثل الحدث رقم /1/ حدث بداية المشروع ، والحدث رقم /n/ حدث نهايته وD_{ij} تمثل الزمن المطلوب لإنجاز النشاط (i,j) ، يعطي تابع الهدف إما أزمنة البداية المبكرة أو المتأخرة الخاصة بكل حدث في شبكة عمل المشروع ، ويحقق الحد الأدنى لقيم E_i أو L_i وبالتالي يحسب أقل زمن لإنجاز المشروع ويكون ذلك كما يلي :

---

[1] Moder . J., and other's (1983) " project Management with CPM and PERT precedence diagram", p73 , مرجع سبق ذكره.

▪ في حالة الأزمنة المبكرة النموذج هو :

- تابع الهدف:

$$Z = Min\sum_{i=1}^{n} E_i \qquad (12\text{-}1)$$

حيث n : هي عدد أحداث الشبكة والمتغيرات هي قيم الزمن المبكر لهذه الأحداث E_i.

- القيود:

$$E_j - E_i \geq D_{ij} \qquad (13\text{-}1)$$

وذلك لجميع الأحداث الممثلة للنشاط (i, j) .

حيث $0 \geq E_i$ لأجل $1 \leq i \leq n$.

▪ في حالة الأزمنة المتأخرة : يصبح تابع الهدف على الشكل التالي :

$$Z = \min\ [n L_n - \sum_{i=1}^{n-1} L_i] \qquad (14\text{-}1)$$

حيث L_n زمن إنجاز المشروع والهدف هو إيجاد القيمة الصغرى لـــL_n أما القيود فهي نفسها وذلـــك بعد استبدال كل E بـــ L على الشكل التالي :

$$L_j - L_i \geq D_{ij} \qquad (15\text{-}1)$$

وذلك لجميع الأحداث الممثلة للنشاط(i, j) .

L_n موجبة لأن $L_i \leq L_n$ و/n/ مقدار موجب، وحتى يتم الحصول على الحل المثالي المؤكد ، تُعكـــس إشارة المتغيرات الأحداث الباقية وستكون القيم المتغيرة أزمنة البداية المتأخرة لكل الأنشطة المنطلقة من كل من الأحداث حيث تكون أزمنة البدء المبكرة والمتأخرة محددة لجميع الأحداث وإن قيمة L_n الناتجـــة هـــي الزمن الأقل لإنجاز المشروع وهي نفسهاE_n .[1]

2- طريقة المصفوفة : [2] / Matrix Method /

نفرض أن لدينا مشروعاً ما مجزأ إلى N نشاط وفق ترتيب منطقي افتراضي لينجز بزمن قدره D_{ij}،حيث أن : $i = 1,2 \ldots\ldots, n\text{-}1$ ترمز إلى حدث بداية النشاط .

$j = i+1, i+2, \ldots.. n$ ترمز إلى حدث نهاية النشاط .

[1] Nahmais , Steven , (1997) , "production and analysis" , p522, مرجع سابق.

[2] تم الاعتماد في صياغة هذا النموذج على المرجع التالي : سلطان ، تركي 1984"التحليلات الكمية في اتخاذ القرارات "، مرجع سابق،ص 368 .

ويظهر ذلك كما في الجدول (1-1) التالي :

الجدول (1-1) أنشطة مشروع افتراضي مع الأزمنة اللازمة لإنجازها *:

النشاط (i,j)	1,2	2,3	2,4	3,4	4,5	....	(n-i),n	(n-1),n
D_{ij}	D_{12}	D_{23}	D_{24}	D_{34}	D_{45}	....	$D_{(n-i),n}$	$D_{(n-1),n}$

يجب أن نقوم بإيجاد المصفوفة المكافئة للشبكة الخاصة بالمشروع الافتراضي السابق، وذلك بغية حساب الأزمنة المبكرة والمتأخرة للأحداث ، حيث تأخذ هذه المصفوفة الشكل العام (1-10):

	رقم الحدث								
		1	2	3	4	5	......	n	E_i
رقم الحدث	1		D_{12}						$E_1=0$
	2			D_{23}	D_{24}				E_2
	3				D_{34}				E_3
	4					D_{45}			E_4
	5							D_{5n}	E_5
	....							$D_{(n-1)n}$	....
	n								E_n
	L_i	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	....	L_n	

الشكل العام للمصفوفة المكافئة لشبكة عمل المشروع

الشكل (1-10)

توضع الأزمنة التي تستغرقها الأنشطة حتى تنجز في الخلايا الواقعة فوق القطر الرئيس لهذه المصفوفة مع مراعاة ارتباط الأحداث الواقعة فوق القطر ببعضها البعض ، بينما يتم حساب الأزمنة كما يلي :

- بما أن حدث بداية المشروع له الرقم (1) ويكون زمنه المبكر معدوماً ،فنضع في الخلية الناتجة عن تقاطع سطر الحدث رقم /1/ وعمود الزمن المبكر E_i قيمة تساوي الصفر أي $E_1 = 0$.

- لإيجاد الزمن المبكر للحدث رقم 2 ننظر إلى عمود الحدث رقم /2/، ونرى كم قيمة توجد فوق القطر الرئيس، فنلحظ وجود قيمة D_{12} فقط نظراً لوجود نشاط واحد فقط سابق له في الشبكة، نجمع D_{12} مع الزمن المبكر الموجود في سطر D_{12} ، ونضع الناتج في الخلية الناتجة عن تقاطع السطر رقم 2 مع عمود E_i أي أن : $E_2 = D_{12} + E_1$.

*تم افتراض هذا الجدول من قبل الباحثة.

- إذا كان عمود الحدث j يحوي أكثر من قيمة فوق القطر الرئيس، فإننا نقوم بحساب الزمن المبكر لذلك الحدث كما يلي :

بالنسبة للحدث رقم (4) يحوي عموده قيمتين / D_{24} , D_{34} / نقوم بحساب المجاميع التالية:

$D_{34} + E_3$, $D_{24} + E_2$ فيكون الزمن المبكر للحدث رقم4 مساوياً إلى :

$$\text{Max} \quad [D_{24} + E_2 \quad , D_{34} + E_3]$$

وهكذا حتى يتم حساب الأزمنة المبكرة للأحداث جميعاً . أما فيما يخص الأزمنة المتأخرة للأحداث فإننا نتبع ما يلي :

- نضع الزمن المبكر للحدث رقم n مساوياً إلى زمنه المبكر أي $E_n = L_n$.
- ننظر إلى سطر الحدث رقم 5 مثلاً نجد أنه يحوي رقماً واحداً فقط D_{5n} نطرح هذا الرقم من L_n ، ونضع الناتج في الخلية الأخيرة للعمود رقم(5) أي:

. $L_5=L_n-D_{5n}$

إذا كان سطر الحدث يحوي رقمين أو أكثر مثل الحدث رقم /2/ فإن سطره يحوي (D_{23} , D_{24}) فيحسب الزمن المتأخر للحدث رقم /2/ كما يلي :

$$L_2 = \text{Min} \ [L_3 - D_{23} \quad , L_4 - D_{24}]$$

وهكذا يتم حساب L_i لأحداث الشبكة كافة .

يمكننا بعد ذلك أن نحدد الأحداث الحرجة التي يتساوى الزمن المبكر لها مع الزمن المتأخر .

نستنتج من خلال استعراض الطرائق السابقة جملة من الملاحظات أهمها :

1- أن الطريقة المصفوفية تتطلب وقتاً وجهداً كبيراً وخاصة إذا كانت الشبكة ممثلة لمشروع كبير، فإنها تصبح معقدة ومربكة للمخطط، كما أنها لا تقوم بتوضيح العلاقات المنطقية بين الأنشطة، فهي ملائمة لشبكات الأعمال الصغيرة. أما بالنسبة للطريقتين الباقيتين فإنهما مصممتان وفق برامج حاسوب جاهزة. لذلك لا تستهلكان وقتاً كبيراً.

2- تستخدم نتائج هذه الطرائق في التخلص من القاعدة المستخدمة في حساب مؤشرات الحدث وهي أن نرقم الأحداث ومن ثم نحسب الأزمنة الخاصة بها، حيث نجد أنه ينبغي علينا أن نحسب الأزمنة الخاصة بالحدث ،ومن ثم نرقم الأحداث بناء على أزمنتها المبكرة أو المتأخرة كما يلي:

نعطي الحدث الأول الرقم 1 ونحذف الأسهم الصادرة عنه جميعها، فنحصل على k_1 حدث لا يصله

أي سهم فنقوم بترقيمها باستخدام العلاقة (16-1) التالية :

$$\text{Min}\ [E_i] \qquad (16\text{-}1)$$

وهكذا نكرر هذه الخطوة حتى نرقم الحوادث جميعها. إن هذه الطريقة في الترقيم ملائمة جداً لما سوف يطبق في الواقع عندما ينفذ المشروع ، وتعد أفضل طريقة لعرض علاقات الأنشطة بعضها مع بعض بشكل أكثر واقعية .

❖ **مؤشرات خاصة بالنشاط** : تتمثل المؤشرات التي يجب حسابها للنشاط بهدف تحليل المخطط الشبكي بـ:

1- **رقم النشاط** : يشار إلى النشاط إما بحروف أبجدية أو بعبارات توضيحية ، ولكن الأفضل كما رأينا أن نشير إلى النشاط بأرقام أحداث البداية والنهاية أي بزوج من الأرقام ، وهذا يتلاءم مع البرمجيات الموضوعة وفق هذا النظام.

2- **الزمن المبكر للبداية : /Earliest Start Time /ES** : وهو أقل زمن يمكن أن يبدأ عنده النشاط شرط أن تنجز جميع الأنشطة السابقة لذلك النشاط بالزمن المحدد لإنجازها، وهذا الزمن يساوي الزمن المبكر لوقوع حدث بداية النشاط أي أن ES للنشاط (i , j) هو :

$$ES = E_i \qquad (17\text{-}1)$$

3- **الزمن المبكر لإنهاء النشاط: /Earliest Finish Time /EF** : يمثل أقل زمن يجب إنهاء النشاط عنده، ويحسب بجمع الزمن المبكر لحدث بداية النشاط مع الزمن اللازم لإنجاز النشاط، أي يحسب من العلاقة (18-1) التالية :

$$EF = E_i + D_{ij} \qquad (18\text{-}1)$$

4- **الزمن المتأخر لبدء النشاط : /Latest Start Time /LS** : يمثل أقصى زمن يجب بدء النشاط عنده حتى لا يتأثر المشروع ويتأخر عن الوقت المحدد لإنجازه، ويحسب عن طريق إيجاد الفرق بين الزمن المتأخر لحدث نهاية النشاط والزمن اللازم لإنجاز النشاط ،كما في العلاقة التالية :

$$LS = L_j - D_{ij} \qquad (19\text{-}1)$$

نرى أنّ أي تأخير في بدء النشاط بعد هذا الزمن سوف يحدث تأخيراً في إنجاز المشروع حتماً.

5- **الزمن المتأخر لإنهاء النشاط/Latest Finish Time /LF** : يمثّل أقصى زمن يجب إنهاء النشاط عنده حتى لا يتأثر المشروع ،و يساوي الزمن المتأخر لحدث نهايته أي :

$$LF = L_j \qquad (20\text{-}1)$$

إن أي زمن إضافي يستغرقه النشاط بعد هذا الزمن سيؤثر سلباً على المشروع ويؤخر إنجازه في

الموعد المحدد .

6- الاحتياطي الزمني الكلي:/TF/ Total Float Time: يعرّف الاحتياطي الزمني الكلي لنشاط ما بأنه المرونة الزمنية الكلية التي يمكن أن ينفذ بها النشاط دون أن تتأثر المدة الكلية T للمشروع، والتي تحدد بتاريخ زمن وقوع آخر حدث في الشبكة.[1] ويعطى بالعلاقة (1-21) التالية :

$$TF = L_j - E_i - D_{ij} \qquad (21\text{-}1)$$

يدعى الفرق $L_j - E_i$ الزمن المتاح / Span Time / والذي يمثل أكبر زمن متاح لإنجاز النشاط دون تأخير . ويمكن أن يحسب هذا الزمن من خلال العلاقات التالية أيضاً :[2]

$$TF = LF - EF \qquad (22\text{-}1)$$

$$TF = LS - ES \qquad (23\text{-}1)$$

يفيد هذا الزمن في تحديد أولوية تنفيذ الأنشطة . حيث الأنشطة التي لها احتياطي زمني كلي معدوم تكون حرجة ، ويجب أن تولى اهتماماً خاصاً أثناء عملية التنفيذ . ومن البد هي عند استخدام هذا الاحتياطي الزمني أنه يقلل من الاحتياطي الزمني للأنشطة اللاحقة .

7 – الاحتياطي الزمني الحر:/FF/ Free Float Time: يعرّف بأنه المهلة المتاحة للتأخير عندما تنفذ جميع الأنشطة الأخرى في زمنها المبكر، وبالتالي عندما يتأخر إنجاز هذا النشاط بمقدار FF فإنه لا يؤخر إنجاز أي نشاط لاحق ، ويجب أن يكون هذا الزمن أقل من الاحتياطي الزمني الكلي للنشاط . وعندما يكون TF معدوماً فإن FF معدوم أيضاً . حيث يفيد هذا الزمن في الحرص على تنفيذ الأنشطة اللاحقة وعلى أن تبدأ في وقتها ، وذلك بأن نبدأ بإنجاز النشاط السابق لها (i,j) ضمن المجال $[E_i , E_j]$ ويعطى هذا الزمن بالعلاقة (1-24) التالية :

$$FF = E_j - E_i - D_{ij} \qquad (24\text{-}1)$$

أو

$$FF = E_j - EF \qquad (25\text{-}1)$$

بعد حساب الأزمنة السابقة يمكننا أن نحدد الأنشطة الحرجة التي تحقق الشرطين التاليين :

أ- أن يقع النشاط (i , j) بين حدثين حرجين أي $S_j = S_i = 0$.

ب- أن يحقق حدثاه إحدى المعادلتين :

$$E_j - E_i = D_{ij} \qquad (26\text{-}1)$$

$$L_j - L_i = D_{ij} \qquad (27\text{-}1)$$

---

[1] الصدي،فتحي وآخرون،(1993) :"تنظيم المشروعات وإدارتها(1)"،منشورات جامعة دمشق،ص128.

[2] زايد، مصطفى، (1997) ،" إدارة المشروعات "، مرجع سابق ،ص 46.

ومن ثم نقوم بتحديد المسار الحرج وفق الطريقة التحليلية .

نخلص مما سبق إلى ما يلي :

- يمكن أن يستوعب مجال عمل المشروع الكلي مباشرة وبشكل مرئي من شبكة عمل المشروع المرسومة وفق قواعد هذا النظام، حيث لكل نشاط عمل رئيس واضح مباشرة وينجز بالتنسيق مع الأعمال الأخرى .
- يتطلب هذا النظام تفصيلاً كبيراً لبنية تقسيم العمل ، مما يقلل من مخاطر نسيان أو إهمال أي نشاط أثناء وضع الخطة .

يمكن أن تنحصر مساوئ هذا النظام في :

- ❖ كمية الزمن اللازم لإعداد الشبكة أو لتعديلها حسب مجريات تنفيذ خطة العمل .
- ❖ الجهد الكبير المطلوب لإعداد الشبكة ولتعديل الخطة .
- ❖ التفصيل المطلوب عند إعداد قائمة بأنشطة المشروع .

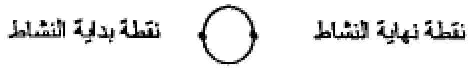
1-1-2- النظام الموجه للأنشطة Activity Oriented System :

يستخدم هذا النظام في إعداد شبكة عمل المشروع التتابعية، وذلك بعد تحديد مجال عمل المشروع وبنية تقسيم العمل ، وإعداد قائمة بأنشطة المشروع ، وتحديد علاقاتها المنطقية ، وتقدير الزمن اللازم لإنجازها . وسنرمز لهذا النظام اختصاراً بـ (AON) .

1-1-2-1- عناصر شبكة (AON) :

لكل شبكة عناصر ودلالات محددة لهذه العناصر، هذا وتتكون عناصر الشبكة في هذا النظام من :

أ - دوائر تمثل الأنشطة : حيث تمثل كل دائرة نشاطاً واحداً فقط يبدأ هذا النشاط من جهة اليسار للدائرة ، وينتهي عند جهة اليمين ، كما يظهر في الشكل (1-11) التالي :



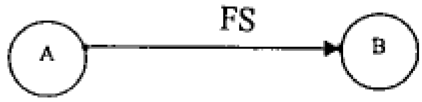
تمثيل النشاط بدائرة

الشكل (1-11)

ب - أسهم موجهة : تعكس العلاقات المنطقية بين أنشطة المشروع ، وتفترض أن الزمن يتدفق باتجاهها ،

حيث توضح هذه الأسهم العلاقات المنطقية التالية : [1]

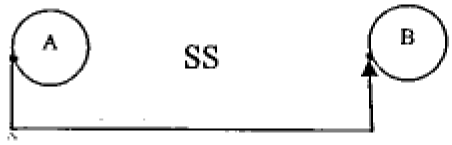
1- **علاقة نهاية – بداية** : (Finish to Start (FS أي يجب أن يبدأ النشاط اللاحق B بعد انتهاء النشاط السابق A، و لا يمكن أن نبدأ بالنشاط B قبل انتهاء العمل من النشاط A تماماً ، لأن بداية النشاط B متعلقة بنهاية النشاط A كما في الشكل (1-12) التالي :



علاقة نهاية — بداية

الشكل (1-12)

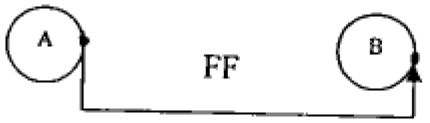
2- **علاقة بداية – بداية** : (Start to Start (SS أي أن النشاط اللاحق B يبدأ بعد بداية النشاط السابق A وليس بالضرورة أن ينتهي مجمل النشاط A ، بمعنى آخر ، إن توقف النشاط A لسبب أو لآخر لا يؤثر على بداية النشاط B كما في الشكل (1-13) التالي :



علاقة بداية — بداية

الشكل (1-13)

3- **علاقة نهاية – نهاية** : (Finish To Finish (FF : يجب أن ينتهي النشاط اللاحق B بعد انتهاء النشاط السابق A ،وهنا يشترط أن ينتهي النشاط A أولاً، ومن ثم وبعد أي فترة زمنية وقد تكون هذه الفترة معدومة يمكن لنا إنهاء B ، أما بداية هذه الأنشطة فلا ترتبط معاً بأي علاقة شرطية كما في الشكل (1-14) التالي :



علاقة نهاية– نهاية

الشكل (1-14)

4- **علاقة بداية – نهاية** : (Start To Finish (SF يجب أن ينتهي النشاط اللاحق B بعد بداية النشاط السابق A، وهذا يعني ضرورة إنهاء النشاط B بعد فترة زمنية من بداية النشاطA،ومع غض النظر

---

[1] Moder. J. and others (1983)" Project Management with CPM and PERT Precedence Diagramming,p 40, مرجع سابق.

عن إنهاء النشاط A أو عدم إنهائه كما في الشكل (1-15) التالي :



علاقة بداية — نهاية

الشكل (1-15)

5- **العلاقات المركبة بداية– بداية ونهاية – نهاية :** (FF& SS)   Finish To Finish And Start To Start ينبغي أن يبدأ النشاط اللاحق B بعد بداية النشاط السابق A ، ويجب أن ينتهي B بعد نهاية النشاط A ، كما يتضح في الشكل (1-16)التالي:



علاقة مركبة بداية– بداية و نهاية — نهاية

الشكل (1-16)

1-1-2-2- مؤشرات عناصر شبكة (AON) :

بعد معرفة عناصر شبكة عمل المشروع تجب معرفة المؤشرات الخاصة بهذه العناصر وكيفية حسابها وفق هذا النظام لتحديد زمن إنجاز المشروع و الاحتياطي الزمني لكل نشاط، تتمثل هذه المؤشرات في مؤشرات النشاط فقط وهي نفسها كما في النظام السابق وتشمل : رقم النشاط ، الزمن المبكر لبدايته ونهايته ، الزمن المتأخر لبدايته ونهايته ، الاحتياطي الزمني. ويتم حساب كل منها كما يلي:

أ- **رقم النشاط** : ترقم أنشطة الشبكة التتابعية بأرقام متسلسلة ومتتالية ، حيث يعطى لكل نشاط رقم واحد فقط ، ويمكن أن يستعاض عن الأرقام باستخدام الأحرف الأبجدية ، فكل حرف يمثل نشاطاً واحداً فقط ، أو باستخدام العبارة التوضيحية للإشارة إلى طبيعة العمل الذي يمثله النشاط .

ب – **الزمن المبكر لبداية النشاط ونهايته** : يفترض عند حساب هذين المؤشرين أن كل نشاط يبدأ بأبكر زمن ممكن ، وتتم عملية الحساب وفق اتجاه أمامي من بداية الشبكة من جهة اليسار إلى نهايتها من جهة اليمين كما يلي :

1- بالنسبة للأنشطة التي لا تفترض وجود أنشطة سابقة لها ،حيث تمثل بدوائر لا يصلها أي سهم وتمثل الأنشطة التي يجب بدء العمل بها فيكون الزمن المبكر لبداية هذه الأنشطة معدوماً أي :

حيث $ES_i = 0$ تشير i إلى النشاط الذي رقمه i ،والذي لا نشاطاً سابقاً له. ويحسب الزمن المبكر لنهاية هذه الأنشطة باستخدام العلاقتين :

$$EF_i = ES_i + D_i \qquad (28\text{-}1)$$

$$EF_i = o + D_i \Rightarrow$$

$$EF_i = D_i \qquad (29\text{-}1)$$

حيث EF_i الزمن المبكر لنهاية النشاط i ، ES_i الزمن المبكر لبداية النشاط i ، D_i الزمن اللازم لإنجاز النشاط i .

2- الأنشطة التي يوجد لها نشاط سابق واحد فقط : يحسب الزمن المبكر لبدايتها باستخدام الصيغ التالية التي تأخذ في الحسبان نوع العلاقة المنطقية بين النشاط الحالي الذي نريد حساب زمن بدايته المبكر والنشاط السابق له . كما يلي :

أ- **العلاقة نهاية– بداية** : الزمن المبكر لنهاية النشاط السابق i هو عبارة عن الزمن المبكر لبدء النشاط اللاحق j أي : $ES_j = EF_i$، ويحسب الزمن المبكر لنهاية النشاط j باستخدام العلاقة (1-28) .

ب- **العلاقة بداية – بداية** : الزمن المبكر لبدء النشاط اللاحق j هو نفسه الزمن المبكر لبدء النشاط السابق i : $ES_j = ES_i$ يحسب الزمن المبكر لنهاية النشاط j باستخدام العلاقة (1-28) .

ج - **العلاقة نهاية–نهاية** : يكون الزمن المبكر لنهاية النشاط اللاحق j مساوياً للزمن المبكر لنهاية النشاط السابق i أي : $EF_j = EF_i$ ، ويتم الحصول على الزمن المبكر لبدء النشاط اللاحق j باستخدام العلاقة (1-30) التالية :

$$ES_j = EF_j - D_j \qquad (30\text{-}1)$$

د- **العلاقة بداية – نهاية** : يكون الزمن المبكر لنهاية النشاط اللاحق j هو نفسه الزمن المبكر لبدء النشاط السابق i أي : $EF_j = ES_i$ ، وتستخدم العلاقة (1 - 30) في حساب الزمن المبكر لبداية النشاط j ES_j .

3 - الحالة التي يكون فيها للنشاط أكثر من نشاط سابق : نقوم بحساب زمن بداية النشاط اللاحق j الذي يسبقه k نشاط بأن نحسب أزمنة الإنهاء المبكرة للأنشطة السابقة لهذا النشاط فنحصل على k قيمة فنختار القيمة العظمى من بين هذه القيم ، والتي تعطينا الزمن المبكر لبداية النشاط j أي :

$$ES_j = \text{Max}\ [\ EF_i\ ] \qquad (31\text{-}1)$$

وتستخدم العلاقة (1-28) في حساب EF_j للنشاط رقم j .

بعد الانتهاء من حساب الأزمنة المبكرة لبدء ونهاية أنشطة المشروع ووضع هذين المؤشرين على شبكة عمل المشروع ، يمكننا أن نحدد الزمن المبكر لإنهاء المشروع T ، وذلك من خلال المفاضلة بين أزمنة النهاية المبكرة للأنشطة واختيار القيمة العظمى من بين هذه الأزمنة أي أن :

$$. T = Max [EF_i] \qquad (32-1)$$

ج-**الزمن المتأخر لبدء ونهاية النشاط :**[1] يفترض لحساب هذين المؤشرين أن ينتهي كل نشاط في أقصى زمن ممكن لإنجازه ،وتتم عملية حسابهما وفق اتجاه عكسي كما يلي :

1- يكون الزمن المتأخر لنهاية الأنشطة الممثلة لنهاية المشروع التي لا يلحق بها أي نشاط مساوياً للزمن المبكر لإنهاء المشروع : $T = LF_i$ ،ويحسب زمن بدايتها المتأخر باستخدام العلاقة :

$$LS_i = LF_i - D_i \qquad (33 - 1)$$

حيث LS_i : زمن البداية المتأخر للنشاط رقم i ، LF_i زمن النهاية المتأخر للنشاط رقم i.

2-إذا كان للنشاط الذي نريد حساب زمن نهايته وبدايته المتأخر نشاطا واحداً فقط لاحقاً بـه،فيتم استخدام العلاقة الرياضية التي تنسجم مع نوع العلاقة المنطقية بينهما وفقاً لما يلي :

أ- **العلاقة نهاية – بداية :** يكون زمن النهاية المتأخر للنشاط رقم j مساوياً لزمن البداية المتأخر للنشاط اللاحق k: $LF_j = LS_k$ ويحسب الزمن المتأخر لبداية النشاط j بالعلاقة (1-33) .

ب- **العلاقة بداية –بداية :** يكون الزمن المتأخر لنهاية النشاط السابق j مساوياً للزمن المتأخر لبداية النشاط اللاحق له k مضافاً إليه الزمن اللازم لإنجازه أي :

$$LF_j = LS_k + D_j \qquad (34-1)$$

نعوض في العلاقة (1-33) لحساب الزمن المتأخر لبداية النشاط j :

$$LS_j = LF_j - D_j = LS_k + D_j - D_j \Rightarrow LS_j = LS_k \qquad (35-1)$$

أي أن الزمن المتأخر لبداية كلاً من النشاط اللاحق والسابق متساويان .

ج- **العلاقة نهاية – نهاية :** يكون الزمنان المتأخران لنهاية كلٌ من النشاط اللاحق والسابق متساويين أي :

$$LF_j = LF_k \qquad (36 - 1)$$

ويحسب LS_j باستخدام العلاقة (1- 33) .

د- **العلاقة بداية – نهاية :** يساوي الزمن المتأخر لنهاية النشاط السابق j للزمن المتأخر لنهاية

---

[1] زايد ، مصطفى ،" إدارة المشروعات "، مرجع سابق، ص 87 .

النشاط اللاحق k مضافاً إليه الزمن اللازم لإنجاز النشاط j :

$$LF_j = LF_k + D_j \qquad (37\text{-}1)$$

نعوض في العلاقة (1-33) $\Leftarrow$ $LS_j = LF_k + D_j - D_j$

$$LS_j = LF_k \qquad (38\text{-}1)$$

إن الزمن المتأخر لبداية النشاط السابق j و الزمن المتأخر لنهاية النشاط اللاحق k متساويان.

3- عندما يكون هناك أكثر من نشاط لاحق للنشاط الذي نريد حساب أزمنته المتأخرة ، نقوم بحساب زمن النهاية المتأخر للنشاط بأن نأخذ علاقته مع كل نشاط على حدة ، ونحسب LF_j فنحصل على قيم لـ LF_j عددها يساوي عدد الأنشطة اللاحقة (L) بالنشاط j فنختار أصغر هذه القيم أي :

$$LF_j = \text{Min}\,[\,LF_j\,] \qquad (39\text{-}1)$$

ومن ثم تطبق العلاقة (1-33)لحساب LS_j.

يتوجب على المخطط بعد الوصول إلى هذه المرحلة ، وحساب المؤشرات السابقة لأنشطة المشروع ، أن يقوم بحساب الاحتياطي الزمني الذي يساعده على تقسيم أنشطة المشروع حسب أولويتها إلى قسمين: أنشطة مهمة و أساسة احتياطيها الزمني معدوم ، وأنشطة ثانوية احتياطيها الزمني غير معدوم،وذلك باستخدام مؤشر الاحتياطي الزمني الكلي ومؤشر الاحتياطي الزمني الحر .

د- **الاحتياطي الزمني الكلي:** TF_i يحسب باستخدام إحدى العلاقتين التاليتين :

$$TF_i = LF_i - EF_i \qquad (40\text{-}1)$$

$$TF_i = LS_i - ES_i \qquad (41\text{-}1)$$

هـ - **الاحتياطي الزمني الحر** : يتم طرح الزمن المبكر لنهاية النشاط من الزمن المبكر لبداية أبكر نشاط لاحق به / j / :

$$FF_i = ES_j - EF_i \qquad (42\text{-}1)$$

وجدنا أن النظام الموجه للأحداث يقوم على افتراض أساس هو : لا يجوز أن يبدأ أي نشاط إلا بعد إنجاز كافة الأنشطة السابقة له،أي عندما تنجز جميع الأنشطة السابقة لنشاط ما ، فإنه يمكن أن يبدأ هذا النشاط بالإنجاز ويمثل هذا الافتراض واقع علاقات التسلسل بين الأنشطة في معظم الحالات، ولكن بعض الحالات تفرض ضرورة اتباع طريقة تتصف بالمرونة لتوضيح علاقات التسلسل المعقدة بين الأنشطة وهذه المرونة من صفات النظام الموجه للأنشطة الذي يسمح بفترات تقدم وتأخير بين بداية أو نهاية نشاط إلى بداية أو نهاية نشاط لاحق ، حيث يعبر عن زمن التقدم برقم سالب يكون قبل النشاط ويطرح هذا الزمن

عند حساب الزمن المبكر للنشاط ، ويضاف عند حساب الزمن المتأخر أما زمن التـــأخير فيكـــون بعـــد النشاط ويعبر عنه برقم موجب ، ويضاف عند حساب الزمن المبكر للنشاط ويطرح أثناء حساب الـــزمن المتأخر . وسنوضح ذلك وفقاً للعلاقات المنطقية التي تربط بين الأنشطة : حيث نرمز بـــ t لزمن التـــأخير وبـــ t̀ لزمن التقدم .

أولاً : عملية حساب الأزمنة المبكرة التي تتم وفق اتجاه أمامي :

1- العلاقة نهاية – بداية :

عندما تكون العلاقة المنطقية بين نشاطين من النوع نهاية- بداية،وحدث تأخير أو تقدم بـــين بدايـــة النشاط اللاحق ونهاية النشاط السابق فإن الزمن المبكر لنهاية النشاط السابق سيزداد (ينقص)بمقـــدارt (t̀) في حالة التأخير (التقدم). وبناء على ذلك يصبح الزمنان المبكران لبداية ونهاية النشاط اللاحق كما يلي:

$$ES_j = EF_i + t \qquad (43\text{-}1)$$

$$ES_j = EF_i - t` \qquad (44\text{-}1)$$

$$EF_j = ES_j + D_j = EF_i + t + D_j \qquad (45\text{-}1)$$

$$EF_j = EF_i - t` + D_j \qquad (46\text{-}1)$$

2- العلاقة بداية – بداية :

عندما يرتبط نشاطان بعلاقة من نوع بداية – بداية ويكون هناك تأخير أو تقدم بين بدايتـــهما فـــإن الزمن المبكر لبدء النشاط السابق سوف يزداد (ينقص) بمقدار t (t̀) في حالة التأخير (التقـــدم) وعندئـــذ يكون زمنا البدء والإنهاء المبكران للنشاط اللاحق مساويين لـــ:

$$ES_j = ES_i + t \qquad (47\text{-}1)$$

$$ES_j = ES_i - t` \qquad (48\text{-}1)$$

$$EF_j = ES_i + t + D_j \qquad (49\text{-}1)$$

$$EF_j = ES_i - t` + D_j \qquad (50\text{-}1)$$

3- العلاقة نهاية – نهاية :

إذا ارتبط نشاطان بعلاقة نهاية – نهاية ، فعند حدوث تأخير أو تقدم بين نهايتهما فإن الـــزمن المبكـــر لإنهاء النشاط السابق سيتغير بالزيادة (بالنقصان) بالمقدار t (t̀) في حالة التأخير (التقدم) ويكون في هـــذه الحالة زمن البدء المبكر والإنهاء المبكر للنشاط اللاحق من الشكل :

$$EF_j = EF_i + t \qquad (51\text{-}1)$$

$$EF_j = EF_i - t` \qquad (52\text{-}1)$$

$$ES_j = EF_i - D_j + t \qquad (53\text{-}1)$$

$$ES_j = EF_i - D_j - t` \qquad (54\text{-}1)$$

4- العلاقة بداية – نهاية :

سيتأثر في هذا النوع من العلاقات الزمن المبكر لبدء النشاط السابق بالزيادة بمقدار t في حالة التأخير وبالنقصان بمقدار (t`) في حالة التقدم ، ويؤثر ذلك في الزمن المبكر لبدء ونهاية النشاط اللاحق كما يلي:

$$EF_j = ES_i + t \qquad (55\text{-}1)$$

$$EF_j = ES_i - t` \qquad (56\text{-}1)$$

$$ES_j = ES_i - D_j + t \qquad (57\text{-}1)$$

$$ES_j = ES_i - D_j - t` \qquad (58\text{-}1)$$

تستخدم العلاقات الرياضية السابقة عندما يكون للنشاط الحالي نشاط سابق واحد فقط ، أما عندما يكون هناك أكثر من نشاط سابق،فإننا نحسب قيم الأزمنة المبكرة حسب علاقة النشاط الحالي مع كل نشاط سابق له ونختار أكبر هذه القيم .

ثانياً: عملية حساب الأزمنة المتأخرة وفق اتجاه عكسي:

1- العلاقة نهاية – بداية :

يتغير في هذه الحالة الزمن المتأخر لبدء النشاط اللاحق بالزيادة بمقدار (t`)في حالة التقدم وبالنقصان بمقدار t في حالة التأخير ، وبناءً على ذلك يصبح زمنا البدء والإنهاء المتأخران للنشاط السابق كما يلي:

$$LF_j = LS_k - t \qquad (59\text{-}1)$$

$$LF_j = LS_k + t` \qquad (60\text{-}1)$$

$$LS_j = LS_k + t` - D_j \qquad (61\text{-}1)$$

$$LS_j = LS_k - t - D_j \qquad (62\text{-}1)$$

2-العلاقة بداية – بداية :

يزداد في هذه الحالة الزمن المتأخر لبدء النشاط اللاحق بمقدار (t`) في حالة التقدم وينقص بمقدار t في حالة التأخير وعليه فإن زمني البدء والإنهاء المتأخرين للنشاط السابق يساويان لـ:

$$LF_j = LS_k + D_j + t` \qquad (63\text{-}1)$$

$$LF_j = LS_k + D_j - t \qquad (64\text{-}1)$$

$$LS_j = LS_k + D_j - D_j + t` = LS_k + t` \qquad (65\text{-}1)$$

$$LS_j = LS_k + D_j - D_j - t = LS_k - t \qquad (66\text{-}1)$$

3- العلاقة نهاية – نهاية :

يتأثر زمن الإنهاء المتأخر للنشاط اللاحق حيث يزداد بمقدار (t`) في حالة التقدم وينقص بمقدار t في حالة التأخير ،و يساوي زمنا البدء والإنهاء للنشاط السابق في هذه الحالة إلى:

$$LF_j = LF_k + t` \quad (67\text{-}1)$$

$$LF_j = LF_k - t \quad (68\text{-}1)$$

$$LS_j = LF_k + t` - D_j \quad (69\text{-}1)$$

$$LS_j = LF_k - t - D_j \quad (70\text{-}1)$$

4- العلاقة بداية – نهاية :

يزداد الزمن المتأخر لإنهاء النشاط اللاحق في حالة التقدم بمقدار (t̀) ،ويحدث العكس في حالة التأخير، مما يؤثر في زمني البدء والإنهاء المتأخرين للنشاط السابق كما يلي:

$$LF_j = LF_k + D_j + t` \quad (71\text{-}1)$$

$$LF_j = LF_k + D_j - t \quad (72\text{-}1)$$

$$LS_j = LF_k + t` \quad (73\text{-}1)$$

$$LS_j = LF_k - t \quad (74\text{-}1)$$

وفي الحالة التي يكون فيها أكثر من نشاط لاحق للنشاط الحالي، نقوم بحساب الأزمنة المتأخرة حسب نوع العلاقة التي تربط بين هذا النشاط و النشاط اللاحق له، ونختار أصغر القيم المحسوبة . ومن ثم يمكننا أن نحسب الاحتياطي الزمني كما هو معروف سابقاً .

نخلص من خلال ما سبق إلى المقارنة التالية بين النظامين السابقين(AON وAOA)*:

النظام الموجه للأحداث (مخطط سهمي)	النظام الموجه للأنشطة (مخطط تتابعي)
1- من حيث عناصر الشبكة نجد أنها تتكون من أسهم تمثل الأنشطة ودوائر تمثل الأحداث إضافة إلى وجود أسهم متقطعة تمثل الأنشطة الوهمية، لذلك يتطلب رسمها وقتاً وجهداً أكبر.	1- تتكون من أسهم تمثل العلاقات المنطقية و دوائر تمثل الأنشطة و لا ضرورة لاستخدام الأنشطة الوهمية والأحداث، مما يجعل شبكة عمل المشروع أبسط وأسهل ورسمها أسهل وأسرع .
2- المؤشرات الخاصة بعناصر الشبكة تشمل مؤشرات الحدث والنشاط .	2- المؤشرات خاصة بالنشاط فقط وهي نفسها كما في النظام الموجه للأحداث ولكنها تختلف في طريقة الحساب .
3- يسمح بثلاث علاقات منطقية .	3- يسمح بأربع علاقات منطقية .
4- المسار : مجموعة من الأنشطة الوهمية والفعلية وأحداث بداياتها ونهاياتها .	4- المسار مجموعة من الأنشطة الفعلية فقط .
5- طريقة عرض مؤشرات عناصر الشبكة مربكة لعملية الحساب وتعيق فهم العلاقات	5- طريقة عرض المؤشرات أسهل ولا تعيق فهم العلاقات المنطقية .

*انظر الملحق K الذي يوضح مقارنة بيانية بين AOA,AON.

المنطقية .	
6- ترقيم الأنشطة : يرقم النشاط بزوج من الأرقام يشير إلى رقمي حدث البداية و حدث النهاية.	6- يرقم النشاط برقم واحد فقط .
7- يتطلب زمناً كبيراً لإجراء الحسابات وجهداً مضنياً أيضاً .	7- يتطلب جهداً ووقتاً أقل لإجراء عملية الحسابات .
8- يتطلب تفصيلاً كبيراً لعمل المشروع تفادياً لإهمال أي نشاط جزئي في المشروع لأن ذلك يتطلب تعديلاً للخطة ، مما يكلف وقتاً وجهداً كبيرين .	8- يمكننا إدخال أزمنة تقدم وتأخير إلى شبكة العمل ،وعند إضافة نشاط إلى الشبكة فإن تعديل الخطة يتم بسرعة وتنجز الحسابات بسهولة .
9- أكثر شيوعاً واستخداماً نتيجة ظهوره قبل النظام الآخر .	9- يزداد الاهتمام به واستخدامه آخذ بالاتساع نظراً لفوائده الكثيرة .
10- يمكن تنفيذه باستخدام برامج حاسوب جاهزة .	10- يمكن تنفيذه باستخدام برامج حاسوب جاهزة .

1-1-3- النظام المختلط :/Mixed System/

يعدّ هذا النظام نتيجة مطوّرة لمخطط جانت نظراً لأنه يقوم على أساس إسقاط شبكة العمل الممثلة للمشروع والمحددة وفق نظام معين(AOA أوAON) على مقياس زمني Time Scale،وبشكل مشابه لما هو متعارف عليه في مخطط جانت ،حيث تصبح عناصر الشبكة الزمنية Time-Scaled Network الناتجة عن عملية الإسقاط والمتمثلة بأسهم شبكةAOA أو دوائر شبكةAON المحددة على مقياس زمني أفقياً،ممثلة لعدد الوحدات الزمنية Time Units المقدرة لإنجاز النشاط من جهة ، ولأنشطة المشروع من جهة أخرى،مما يجعل لطول السهم أو لطول قطر الدائرة اللذين يمثلان النشاط في كل من شبكة AOA أوAON على التوالي أهمية كبيرة ، بل إنه من الضروري أن يتناسب هذا الطول مع عدد الوحدات الزمنية اللازمة لتنفيذ النشاط D_i ، ومن ناحية أخرى فإن موقع السهم أو الدائرة يمثل أزمنة البدء والإنهاء المجدولة للنشاط الممثل بهذا السهم أو الدائرة .

وبما أننا تحدثنا بشيء من التفصيل عن كل من النظام الموجه للأحداث AOA والنظام الموجه للأنشطة AON ،لذا ينبغي علينا أن نعرض كيفية إعداد مخطط جانت ليتسنى لنا الحديث عن كيفية إسقاط شبكة العمل المصممة بأي نظام من النظامين السابقين على محور الزمن الأفقي .

1-3-1-1 مخطط جانت :/Gantt Chart/

يعدُّ الوسيلة التقليدية الرئيسة المستخدمة في وضع خطط المشروعات ومراقبة تنفيذ العمل وتطوره، وبما أنه أقدم أسلوب لجدولة المشروعات لذلك يتصف بالانتشار الواسع والاستخدام بكثرة من قبل مديري المشروعات " نظراً لما يتمتع به من بساطة وسهولة في الإعداد والفهم والاستخدام وتعدد الأغراض المستخدم من أجلها "(1) ، إذ إنه يستخدم اليوم لتحديد العدد المطلوب من الموارد البشرية Human Resources والموارد الأخرى اللازمة لكل نشاط من أنشطة المشروع ولكل فترة زمنية، الأمر الذي يمكننا من تحديد العدد الإجمالي من كل مورد يتطلبه إنجاز المشروع .

- **تمثيل زمن النشاط في جملة محاور إحداثية :**

إن مخطط جانت أداة إدارية تستخدم لتمثيل معلومات التخطيط بيانياً عن طريق تمثيل أنشطة المشروع في جملة محاور نظامية محورها الأفقي يمثل محور الزمن المقسم إلى فترات زمنية متساوية ، بحيث يكون عدد هذه الفترات الزمنية مساوياً على الأقل لـــ T المعبرة عن الزمن المحدد لإنجاز المشروع ، ويجب أن تتناسب هذه التقسيمات لمحور الزمن مع وحدة قياس الزمن المستخدمة في تقدير الأزمنة اللازمة لإنجاز الأنشطة والمشروع ككل ، ويكون المقياس الزمني المستهدف عادة إما بالأشهر أو الأسابيع أو الأيام أو الساعات ، حيث يتم تحديد وحدة قياس الزمن بما يتلاءم مع طبيعة المشروع ودرجة التفصيل المطلوبة ومستوى التعقيد للمشروع ، وغالباً ما يمثل المحور الأفقي الزمن و التاريخ التقويمي في آن واحد أي : أوقات العمل الفعلية المتسلسلة وأوقات العمل حسب التقويم السنوي ، ونشير هنا إلى أن أول وحدة زمنية " لعمل فعلي في التنفيذ تبدأ من التوقيت صفر والذي يقابله توقيت محدد حسب التقويم".(2) بينما يمثل المحور العمودي الأنشطة المكونة للمشروع ، ولكن عند اشتقاق مخططات أخرى من مخطط جانت لجدولة عمليات المشروع فإنه يمثل في آن واحد الأنشطة مع عدد العمال أو عدد الآلات أو المواد وغير ذلك من الموارد اللازمة لإنجاز المشروع .

يسبق عملية رسم الأنشطة في الجملة الديكارتية تحديد هذه الأنشطة في قائمة بتواريخ بدء ونهاية محددة وتحديد أي من هذه الأنشطة هو نشاط أساس ومهم، أي له احتياطي زمني قيمته معدومة ، ومعرفة علاقات الترابط المنطقية بين هذه الأنشطة .

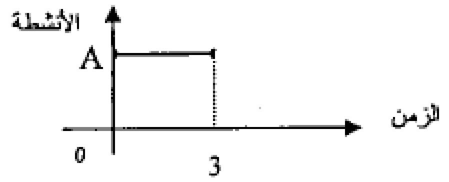
يقوم مخطط جانت على أساس تمثيل كل نشاط بقطعة مستقيمة موازية للمحور الأفقي ، تمثل فاصلة نقطة بدايتها على هذا المحور لحظة بدء النشاط بينما تمثل فاصلة نقطة النهاية لهذه القطعة على هذا المحور

---

(1) نجم، نجم عبود (2001):" إدارة العمليات النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة"، ط2، معهد الإدارة العامة ، السعودية، ص616.

(2) الصدي ، فتحي وغسان القاضي (1993) : "تنظيم المشروعات وإدارتها"، "ط1"، مرجع سابق ، ص 32 .

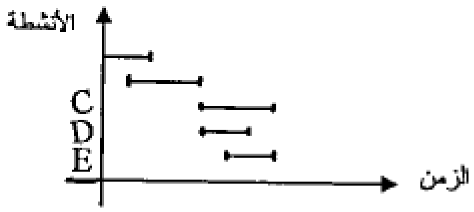
لحظة الإنهاء ،ويكون الفرق بين هاتين الفاصلتين مساوياً لطول القطعة المستقيمة ولعدد الوحدات الزمنية D اللازمة لإنجاز النشاط الممثل بهذه القطعة في آن واحد ، فالنشاط A الذي يبدأ ببدء المشروع ، ويستغرق زمناً قدره (D =3) وحدات زمنية يمثل في جملة محاور نظامية كما في الشكل(1-17) التالي:



تمثيل النشاط Aفي جملة محاور نظامية

الشكل (1-17)

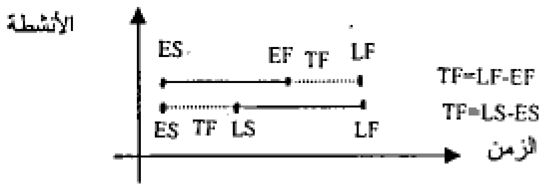
نبدأ بتمثيل أنشطة المشروع وفق تسلسل بدئها الزمني من الزاوية اليسرى العلوية ، فتبدو القطع المستقيمة الممثلة للأنشطة وكأنها متوضعة على القطر الرئيس لمصفوفة ، ويرتبط بعضها مع بعضها بعلاقة التوازي ،حيث تكون كل قطعة متراحة عن سابقتها إلى اليمين أوإلى اليسار كما في الشكل (1-18) :



توضع القطع المستقيمة في جملة محاور نظامية

الشكل (1-18)

يُمثل الاحتياطي الزمني الكلي للنشاط بخط منقطع طوله يساوي مقدار هذا الزمن، و يتوضع هذا الخط قبل القطعة المستقيمة التي تمثل النشاط إذا كان المخطط مرسوماً بأزمنة بدء وإنهاء متأخرة ، وإذا رسم المخطط بأزمنة بدء وإنهاء مبكرة فإنه يوضع بعد القطعة المستقيمة كما في الشكل (1-19)التالي:[1]



تمثيل الاحتياطي الزمني الكلي في مخطط جانت

الشكل (1-19)

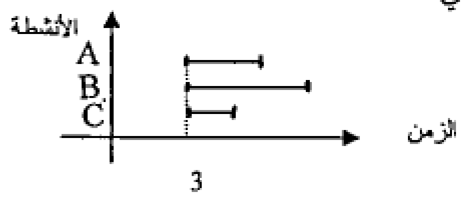
[1] Burke Rory , (1992) : "project Management planning and control" , p 159, مرجع سبق ذكره.

- **العلاقات الترابطية بين الأنشطة :**

يمكننا وبعد تمثيل أنشطة المشروع كافة على هذا المخطط وبشكل مباشر أن نميز بين الأنواع التاليـــة من العلاقات بين الأنشطة :

1- علاقة التزامن :

ترتبط مجموعة من الأنشطة بعلاقة تزامن إذا كانت فواصل نقاط بداية القطع المســتقيمة الممثلــة لهــا متساوية كما في الشكل (1-20)التالي :

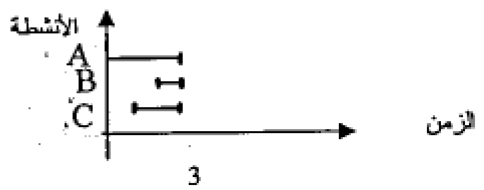


علاقة تزامن

الشكل (1-20)

2-علاقة تداخل :

تكون الأنشطة مرتبطة بعضها مع بعض بعلاقة تداخل ، إذا كانت فواصل نقاط نهاية القطع المستقيمة الممثلة لهذه الأنشطة متساوية ، كما في الشكل (1-21) التالي:

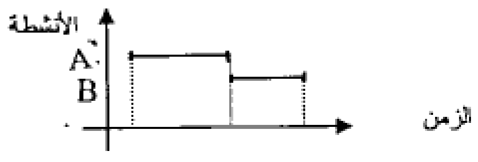


علاقة تداخل

الشكل (1-21)

3- علاقة تسلسل منطقي :

لا يمكن لنشاط أن يبدأ إلا بعد انتهاء الأنشطة السابقة له،وتظهر هذه العلاقة بيانياً عندما تكون فاصلة نقطة نهاية قطعة مستقيمة ممثلة لنشاط سابق مساوية لفاصلة نقطة بداية قطعة مستقيمة ممثلة لنشاط لاحــق كما في الشكل (1-22) التالي :

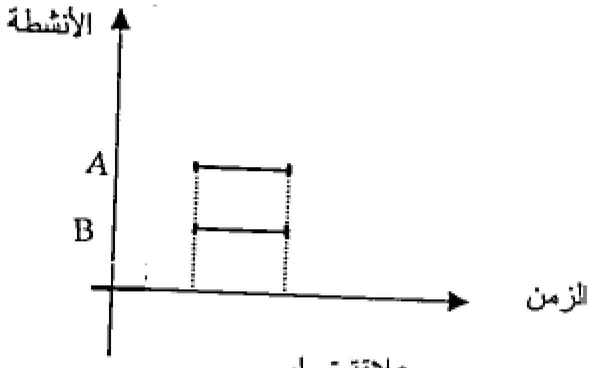


علاقة تسلسل منطقي

الشكل (1-22)

4- علاقة تساير :

نقول عن علاقة إنها علاقة تساير عندما تكون القطعتان المستقيمتان متساويتين في الطول ومتوازيتين، أي لهما فاصلة نقطة البداية نفسها ،وفاصلة نقطة النهاية نفسها . وذلك عندما يبدأ النشاطان وينتهيان في الوقت نفسه . كما يظهر في الشكل (1-23)التالي :

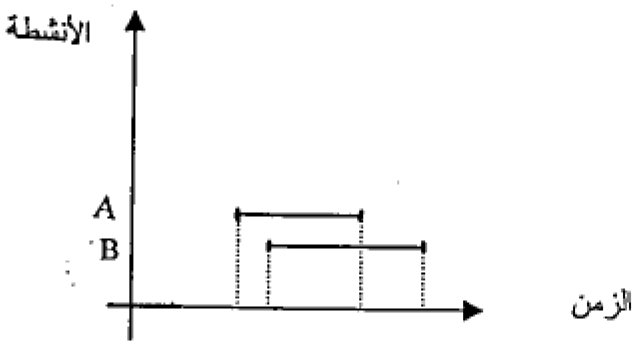


علاقة تساير

الشكل (1-23)

5- علاقة بداية – بداية ونهاية – نهاية :

يبدأ النشاط اللاحق بعد فترة زمنية من بداية النشاط السابق له وينتهي بعد فترة زمنية من انتهائـــه ، فتكون فاصلة نقطة بداية القطعة المستقيمة الممثلة للنشاط اللاحق أكبر من نظيرتها للنشاط السابق، وكذلك الأمر نفسه بالنسبة لفاصلة نقطة النهاية كما في الشكل (1-24)التالي :

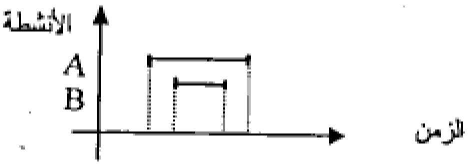


علاقة بداية – بداية،نهاية– نهاية

الشكل (1-24)

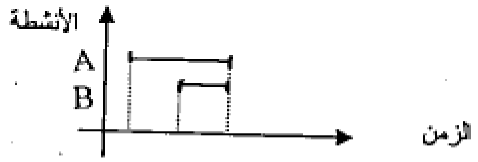
6- علاقة بداية – بداية :

يبدأ النشاط اللاحق بعد فترة زمنية من بدء النشاط السابق ، وقد ينتهي قبل نهايته أو معها أو بعـــدها كما في الشكل (1-25) التالي :



علاقة بداية —بداية والنهاية مختلفة

الشكل (1-25) ب

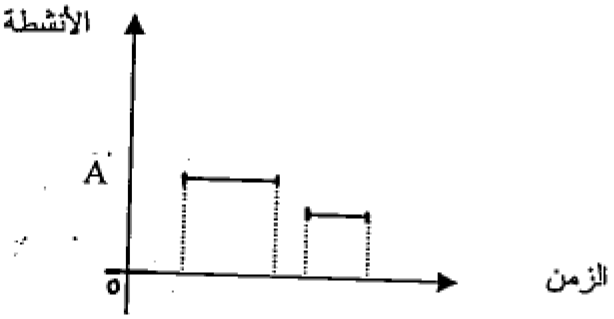


علاقة بداية — بداية والنهاية واحدة

الشكل (1-25) أ

7- علاقة نهاية — بداية:

يبدأ النشاط اللاحق بعد فترة زمنية من نهاية النشاط السابق وتكون فاصلة نقطة بداية القطعة المستقيمة الممثلة للنشاط اللاحق أكبر من فاصلة نقطة نهاية القطعة المستقيمة الممثلة للنشاط السابق كما في الشكل (1- 26)التالي :



علاقة نهاية — بداية

الشكل (1-26)

▪ أنواع مخططات جانت Gantt Chart's Types :

توجد أنواع عديدة لمخططات جانت منها :

1- مخططات جدولة أو تقدم Scheduling or Progress Charts.

2- مخططات القوى العاملة Man Power Charts .

3- مخططات تشغيل الآلات Operating Machines Charts .

4- مخطط المواد Materials Chart .

5- مخططات التسجيل Record Charts .

6- المخطط المتحرك أفقياً Rolling Horizon Chart.

7- مخططات جدولة الأعمال الهامة الأساسة .

وتتحدد من هذه الأنواع وظائف مخطط جانت بالآتي :[1]

1- وظيفة التخطيط : حيث يتم إعداد مخطط للأنشطة المراد تنفيذها خلال الفترة المحددة للمشـــروع، وتحديد متطلبات هذه الأنشطة من العمالة و الموارد الأخرى وتقدير الأوقات اللازمة لتنفيـــذها وفقاً لعلاقات الأسبقية التي تربط بينها .

2- وظيفة الرقابة : وذلك من خلال إعداد مخطط التنفيذ الفعلي والمقارنة بين ما هو مخطط وما هـــو فعلي ، والكشف عن أسباب الانحرافات إن وجدت ، ومعالجة هذه الأسباب حتى لا تؤثر سلباً في زمن إنجاز المشروع .

3- وظيفة إعادة الجدولة والتصحيح: عند حدوث انحرافات في التنفيذ عما هو مخطط ،تتم معالجتـــها باستخدام موارد إضافية من أجل تقليص زمن إنجاز الأنشطة التي لم تنفذ بعد ،حـــتى لا يحـــدث تأخير في إنجاز المشروع .

▪ **مزايا مخطط جانت : / Gantt Chart's Advantages /**

تتلخص الصفات الإيجابية لهذا المخطط بالآتي:[2]

1- يتم تمثيل الأنشطة ببساطة وكذلك قراءة المخطط وتحليله وفهمه بسهولة .

2- يعرض تقدم النشاط بوضوح شديد وبسيط .

3- يسهل فهم الاحتياطي الزمني للنشاط عند ظهوره على هذا المخطط، من خلال تحديـــد عـــدد الوحدات الزمنية التي يمثلها القسم المرسوم بخط متقطع من القطعة المستقيمة الممثلة للنشـــاط في جملة المحاور الإحداثية .

4- يعد أداة لا يمكن الاستغناء عنها في تقدير الحاجات من الموارد .

5- يمّكن من التنبؤ بالتدفق النقدي .

6- يعد أداة إدارية فعالة للتخطيط والرقابة .

7- يساعد على تبادل ونقل المعلومات .

8- يُستَخْدَمُ مخطط جانت وثيقةً رئيسة لعملية اتخاذ القرارات الإدارية .

---

(1) نجم، نجم عبود (2001):" إدارة العمليات النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة"، ط2، مرجع سابق، ص617.

(2) Burke , Rory (1992)" project Management ", p 156, مرجع سابق.

9- يعطينا فكرة واضحة في أي وقت قبل التنفيذ أو خلاله عن بنية تقسيم العمل وتسلسل تنفيذ أعمال المشروع والزمن اللازم لكل عمل والترابط المنطقي و الزمني بين هذه الأعمال .

10- يؤمن صورة واضحة عن الوضع الحالي للمشروع في أي لحظة زمنية، حيث يمكننا من تحديد الأنشطة المنجزة عند أية نقطة زمنية، و معرفة الأنشطة قيد الإنجاز وتلك التي ستنجز لاحقاً .

- **محددات مخطط جانت: Gantt Chart's Disadvantages :**

رغم المزايا التي يتمتع بها هذا المخطط إلا أنه يتصف بمجموعة من العيوب و المساوئ التي تجعله مخططاً قاصراً في عملية تخطيط وجدولة ورقابة المشروعات ومن أهم هذه المحددات ما يلي[1] :

1- تتم عملية التخطيط والجدولة في آن واحد .

2- تمنع بساطة مخطط جانت من إظهار تفصيل كافٍ ، يمكن من اكتشاف النقص الجدولي للأنشطة في الوقت المناسب .

3- لا يظهر مخطط جانت العلاقات المنطقية بين الأنشطة وبالتالي من الصعب تحديد أثر التأخير في إنجاز نشاط ما على زمن إنجاز المشروع .

4- مخطط جانت إجراء يدوي بياني غير ملائم في حالة المشروعات الضخمة التي تحوي عدداً كبيراً جداً من الأنشطة .

- **أوجه الاختلاف بين مخطط جانت والمخططات الشبكية :**

تتمثل نقاط الاختلاف بين مخطط جانت والمخططات الشبكية في الآتي [2]:

1- يظهر المخطط الشبكي تفصيلاً أكبر لمجال العمل ولأنشطة المشروع .

2- الاختلاف الأهم والأساس أن المخطط الشبكي يظهر العلاقات الترابطية والمتبادلة بين الأنشطة بشكل واضح .

3- يتغلب المخطط الشبكي على عيب مخطط جانت الثالث من خلال تحديد تأثير التأخير في إنجاز نشاط ما على زمن إنجاز المشروع .

4- يظهر المخطط الشبكي مؤشرات العناصر كافة ، بينما يقتصر مخطط جانت على إظهار مؤشري

---

[1] Moder , J . and others, (1983): "Project Management with CPM, and PERT precedence diagramming , p 5,مرجع سابق.

[2] المرجع السابق،ص6.

الاحتياطي الزمني الحر والزمن المقدر لإنجاز النشاطD فقط.

نلاحظ مما أوردناه عن مخطط جانت و عن علاقات الترابط بين الأنشطة ما يأتي :

1- يجمع مخطط جانت بين العلاقات الموضحة في كل من المخطط الشبكي السهمي AOA والمخطط الشبكي العقديAON في آن واحد .

2- تسوّغ العلاقات التي يظهرها مخطط جانت عدم صحة الانتقاد الموجه له، والذي يتعلق بقصوره في إظهار علاقات الترابط المنطقي بين الأنشطة . ويكون في هذه الحالة الاختلاف بين هذا المخطط والمخطط الشبكي في عدد أنواع العلاقات الموضحة في كل مخطط ، وكما اتضح ذلك عند عرض هذه العلاقات لكل نظام من أنظمة بناء شبكات الأعمال .

3- إن دخول الثورة المعلوماتية مجال إدارة المشروعات ، و وضع برامج حاسوب جاهزة لإعداد مخطط جانت ، أشهرها M .S. Project 2000 [1] سمح لمخططي المشروعات أن يجدولوا مشروعاتهم بسرعة باستخدام مخطط جانت، وبأي تفصيل تتطلبه دقة مشروعاتهم، الأمر الذي يساعد في التغلب على العيب الرابع لهذا المخطط، حيث يصبح هذا المخطط ملائماً لأي مشروع سواء كان صغيراً أم كبيراً ومعقداً ، مما جعله يستخدم أكثر مما كان من قبل .

4- يظهر مخطط جانت أثر التأخير في إنجاز نشاط ما على الأنشطة اللاحقة له، وذلك من خلال تغير فواصل بداية ونهاية القطع المستقيمة الممثلة لهذه الأنشطة ،و التي تميل لتصبح ذات قيمة أكبر على محور الزمن الأفقي عما كانت عليه قبل التأخير في زمن إنجاز النشاط السابق .

2-3-1-1 : الشبكة الزمنية : Time - Scaled Network

تمثل الشبكة الزمنية أنشطة المشروع مع علاقاتها الزمنية الملائمة فهي تظهر التداخل الحقيقي بين الأنشطة وعلى الأقل في بداية تنفيذ المشروع. تنتج الشبكة الزمنية عن طريق ترجمة شبكة العمل المصممة وفق نظام AOA أو AON إلى مخطط جانت، وذلك من خلال إسقاط هذه الشبكة على مقياس الزمن الأفقي .ولتوضيح آلية عملية إسقاط الشبكة على مقياس الزمن الأفقي نميز بين حالتين : تمثل الحالة الأولى إسقاط شبكة AOA على مقياس الزمن، بينما تمثل الثانية إسقاط شبكة AON على مقياس الزمن.

☒ **إسقاط شبكة AOA على مقياس الزمن :**

يسبق عملية الإسقاط القيام بعدة خطوات تمهيدية تتمثل في رسم شبكة العمل لنظام AOA وإيجاد التقديرات الزمنية للأنشطة ، وأزمنة الأحداث ، وتحديد الاحتياطي الزمني وتلك الأنشطة التي لها احتياطي

---

[1] عناني ، عمرو: إدارة المشروعات باستخدام Microsoft Project 2000 ،الدار العلمية للنشر، القاهرة ،ص234- 254 .

زمني معدوم .

تبدأ عملية الإسقاط بعد رسم محور الزمن الأفقي ومحور الأنشطة العمودي بجعل السهم الممثل للنشاط القطعة المستقيمة في مخطط جانت ،حيث يكون طول هذا السهم مساوياً لـــD زمن إنجاز النشاط،ويرسم بخط موازٍ للمحور الأفقي .

يمكننا أن نميز ثلاثة أنواع من الخطوط في الشبكة الزمنية :

أ - خطوط متصلة : تشير إلى الأنشطة التي لها احتياطي زمني حر معدوم، ويقتصر طول هذا الخـــط على D زمن إنجاز النشاط .

ب - خطوط متقطعة : تشير إلى الأنشطة الوهمية التي لا تحتاج إلى أي زمن، ولكن من الضــــروري أن تتضمنها الشبكة الزمنية لأجل فهم العلاقات المنطقية بين الأنشطة .

ج - خطوط بعضها متصل و الآخر متقطع : يشير القسم المتصل إلى D الذي يعبر عن طوله، بينمـــا يشير المتقطع إلى الاحتياطي الزمني الحر FF، ويجب أن يساوي طول القسم المتقطع قيمة هـــذا الاحتياطي الزمني.

يمثل حدث بداية النشاط نقطة بداية القطعة المستقيمة الممثلة له ، وحدث نهايته نقطة نهاية تلك القطعة المستقيمة ، بينما يمثل الحدث الاندماجي أو التشعبي بأكثر من دائرة ، ولكنها تمثل نقاطاً لها الفاصلة نفسها على المحور الأفقي ، فتظهر هذه الدوائر مرتبة فوق بعضها على خط شاقولي واحد، وتأخذ هذه الـــدوائر رقماً واحداً هو رقم الحدث الاندماجي أو التشعبي في شبكة العمل قبل عملية الإسقاط.

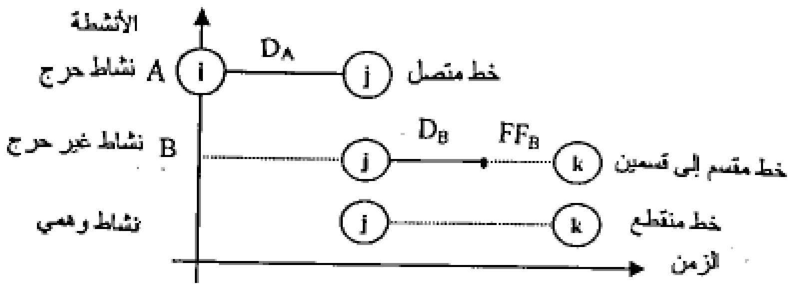
يظهر المسار الحرج في صورة خطوط مستقيمة متعاقبة على الخط الأفقي نفسه أو في صورة مجموعة من الخطوط المستقيمة المتعاقبة ولكن ليس على الخط الأفقي نفسه كما هو الحـــال في مخطـــط جانـــت . وعندما تحوي الشبكة أكثر من مسار حرج فيتم عادة تحديدها بسهولة، وذلك بأن تكون الأنشطة الحرجة على المسارات الثانوية محددة من السلسلة الرئيسة الأخرى .

يمكننا أن نميز بين الأنشطة الحرجة وغير الحرجة وذلك من خلال نوع الخط ، فالأنشطة الممثلة بخـــط متصل تكون أنشطة حرجة بينما الأنشطة الممثلة بخط مقسم إلى جزأين متصل ومتقطع فإنها تمثل أنشـــطة غير حرجة .[1]

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه في بعض الحالات قد تكون الأنشطة غير حرجة وممثلة بخط متصل وذلـــك عندما يكون الاحتياطي الزمني الحر لها معدوماً بينما الاحتياطي الزمني الكلي لها لا يساوي الصفر.يوضـــح الشكل(1-27)أشكال الخطوط في الشبكة الزمنية الناتجة عن إسقاط شبكة AOAعلى مقياس الزمن الأفقي.

---

[1] MARTINO,R.L.(1964):"project Management and control ",volume 2, Applied Operational Planning , American Management Association, 2nd. Ed, New York,p104-109.



أشكال الخطوط في الشبكة الزمنية

الشكل (27-1)

☒ **إسقاط شبكة AON على مقياس زمني :**

يُجعل قطر الدائرة الممثلة للنشاط القطعة المستقيمة في مخطط جانت، ويرسم هذا القطر إما كخط متصل أو كخط مقسم إلى قسمين : قسم متصل والآخر منقطع، ولا ضرورة لوجود خطوط منقطعة في الشبكة الزمنية الناتجة لأن شبكة AON لا تحوي أنشطة وهمية، وتبقى دلالات الخطوط السابقة كما في الحالة الأولى . لكن عند رسم الدوائر قد تتداخل بعضها مع بعض، مما يعيق عملية فهم العلاقات الترابطية بين الأنشطة، لذلك يفضل رسم أقطار هذه الدوائر دون أن يرسم محيط الدائرة ،أي نكتفي بالقطع المستقيمة ونحافظ على تسلسلها وترابطها كما في الحالة الأولى .

☒ **مساوئ ومزايا الشبكة الزمنية :**

كما لكل شبكة عمل مساوئ ومزايا فإن للشبكة الزمنية مساوئ ومزايا تتمثل في الآتي :

أ- مزايا الشبكة الزمنية :[1]

إن لعرض البرنامج الزمني وخطة الجدولة الزمنية للمشروع على مقياس الزمن الأفقي المزايا الآتية :

1- توضح الشبكة الزمنية البرنامج الزمني على شبكة العمل نفسها مما يجعل الشبكة أكثر وضوحاً، وأقرب إلى الفهم والاستيعاب ، وتسهل عملية مراقبة سير العمل ، وملاحظة الاحتياجات اليومية من العمال والمعدات والمواد والآلات ، ومعرفة الأنشطة التي ستكون تحت التنفيذ في أي تاريخ نريده ، وتظهر بيانياً الأنشطة المتزامنة مما يساعد على الكشف عن أي تضارب في الاحتياجات بين الأنشطة .

2- تفيد الشبكة الزمنية في شؤون الإدارة المالية للمشروع ، ويمكن تقديم المخطط إلى الإدارة العليا

(1) الدجاني ، عامر ،(1985) :" طريقة المسار الحرج في إدارة المشاريع الإنشائية" ،مرجع سابق،الطبعة الأولى ، القاهرة ،ص82 .

نظراً لوضوحه ولسهولة تدقيقه وتقويمه .

ب- مساوئ الشبكة الزمنية :[1]

تتمثل العيوب والمحددات للشبكة الزمنية بالآتي :

1- إن القيام برسم شبكة العمل يتطلب مجهوداً كبيراً ،وكذلك عملية الإسقاط تتطلب مجهوداً أيضاً مما يجعل الجهد المطلوب لإعداد الشبكة الزمنية كبيراً والوقت كبيراً أيضاً، قد يؤدي إلى جعل أوقات التنفيذ الفعلية مختلفة عما هو معتمد في الشبكة الزمنية، وعند عملية التعديل و التحديث أيضاً يتطلب جهداً ووقتاً كبيرين، لكن وجود برامج الحاسوب الجاهزة ساعد في التغلب على هذه المساوئ .

2- تسمح الشبكة الزمنية الناتجة عن الإسقاط وفق الحالة الأولى بعرض مؤشرات الحدث كافة على الدائرة الممثلة له كما في نظام AOA ، وذلك حسب رغبة المخطط ولكنها تقتصر على مؤشري الاحتياطي الزمني الحر FF و الزمن المقدر لإنجاز النشاطD فقط . بالنسبة لمؤشرات النشاط المعروضة في نظام AOA، أما الشبكة الزمنية الناتجة عن عملية إسقاط شبكة AON فإنها لا تسمح إلا بعرض مؤشري النشاط السابقين (D,FF) فقط ، بينما نجد أن الشبكات الأخرى غير الزمنية ، يمكنها أن تعرض جميع مؤشرات العناصر المكونة منها .

3- قد تعرّض الشبكة الزمنية المخطط إلى الفهم الخاطئ ، عندما يكون لنشاط غير حرج احتياطي زمني حرFFمعدوم ، وذلك بأن يدرك المخطط بأن الاحتياطي الزمني الكلي معدوم أيضاً، مما يجعله يفهم بأن هذا النشاط حرج وأساس يجب توجيه الاهتمام إليه وهو في الأصل نشاط غير حرج يمكن تأخير عملية إنجازه دون أن يتأثر زمن إنجاز المشروع الكلي .

---

[1] الدحان ، عامر ،(1985) :" طريقة المسار الحرج في إدارة المشاريع الإنشائية" ،مرجع سابق،الطبعة الأولى ، القاهرة ،ص82 .

المبحث الثاني

التحليل بطريقة المسار الحرج

Analysis By Critical Path Method/CPM/

تمهيد:

تعدُّ طريقة المسار الحرج أقدم طريقة بين طرائق التخطيط الشبكي المستخدمة في عملية تخطيط وجدولة المشروعات المتوسطة والكبيرة التي تتسم بالتأكيد ، تمتاز هذه الطريقة باستخدامها وانتشارها الواسعين ، وبساطتها وسهولة فهمها وتطبيقها ، هذا ويختلف المخططون في آرائهم حول النظام الذي تستند إليه هذه الطريقة في بناء شبكة العمل حيث ينقسمون إلى ثلاث مجموعات :

- ترى المجموعة الأولى وهي تشكل الغالبية العظمى أن CPM تعتمد على الشبكة المصممة وفق النظام الموجه للأحداث (AOA).[1]
- بينما ترى مجموعة أخرى أن CPM تستند على النظام الموجه للأنشطة (AON) .[2]
- وتجد المجموعة الثالثة أنه يمكن للمخطط أن يستخدم إما (AOA) أو (AON) وذلك حسب رغبته وإلمامه بكل نظام وحسب ما يناسب درجة تعقيد المشروع " فيمكن لمدير المشروع أن يتبع طريقة المخطط السهمي أو التتابعي. "[3]

بدورنا نجد أنه طالما يمكننا أن نحدد المسار الحرج في كلا النظامين فلا فرق إذا استخدمنا أياً منهما (AON,AOA)، ولكن البعض يفضل النظام (AON) لقلة الحسابات التي يتطلبها تحديد المسار الحرج،واختصاراً للزمن المطلوب لعملية الحساب والجدولة كلها وإعادتها، إضافة إلى تنوع العلاقات المنطقية وسهولة فهمها.

ترى CPM أن زمن إنجاز النشاط D_{ij} له صفة كمية واحدة، يتم تقديره بناءً على خبرة ومعرفة

.[1] Martino, R.L,(1964)"project Management and control ", vol.1, Finding the critical path, p18,مرجع سابق .

[2] هذا ما أشار إليه نجم ،عبود نجم في كتابه إدارة العمليات " النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة "، مرجع سابق، ص 89 .

كما تمت الإشارة إلى ذلك في المرجع التالي :

Lapin Lawren L., (1991)," Quantitative Methods for Business Decisions with cases ",5th. ed, Dryden press , Harcourt Brace Jovanovich , Inc , U.S.A . p 553.

[3] Calvert , R.E . and others (1995) ,"Introduction to Building Management" , 6th. ed. , New Nes, Great Brtain, p242.

القائمين على عملية تنفيذ المشروع أو بالاعتماد على بيانات فعلية لمشروعات سابقة تشابه المشروع الحالي، ولكن غالباً ما تجمع البيانات بصورة غير دقيقة وغير منظمة عن الأنشطة أثناء تنفيذ المشروعات ليستفاد منها في عملية التقدير لأزمنة أنشطة مشروع مشابهة لها ،حيث يتم إيجاد تقدير واحد فقط ومؤكد لـ D_{ij} وكذلك بالنسبة للتكلفة C_{ij} .*

يكمن الهدف الأساس لهذه الطريقة في تحديد المدة الزمنية اللازمة للانتهاء من المشروع،وذلك من خلال تحديد الزمن اللازم لتنفيذ الأنشطة الحرجة المتوضعة على مسار واحد في شبكة العمل،والتي تتميز باحتياطي زمني كلي TF_{ij} معدوم ، لذلك لا يمكن أن تتحمل أي نوع من التأخير في عملية انجازها، لأن ذلك سيقود إلى زيادة في المدة الزمنية اللازمة لإنجاز المشروع T .

طالما أنه تمّ إيجاد تقدير واحد للزمن D_{ij} ، فإن هذا التقدير يتم إيجاده في ظل الظروف التالية:

1-الظروف المتعلقة بإنجاز النشاط سيئة، حيث جميع الأمور تسير بشكل سيء وغير مؤاتٍ لإنجاز النشاط ، في هذه الحالة ، يتصف الزمن المقدر لإنجاز كل نشاط من أنشطة المشروع بأنه زمن تشاؤمي، عندئذٍ الزمن الذي يحدده المسار الحرج للانتهاء من المشروع هو المدة التشاؤمية التي تتصف بأنها أقصى زمن يحتاجه المشروع لينجز .

2-الظروف المتعلقة بإنجاز النشاط مؤاتية وكل شيء يسير بشكل مثالي للحصول على التقدير المتفائل لزمن إنجاز النشاط ، وبالتالي يحدد المسار الحرج أقل زمن يحتاجه المشروع ليكتمل أي المدة التفاؤلية .

3-الظروف التي ينجز النشاط فيها والمتعلقة به طبيعية كل شيء يجري بشكل عادي ، عندئذٍ يمكن الحصول على المدة الطبيعية NT لإنجاز المشروع، والتي تساوي حاصل جمع الأزمنة اللازمة لإنجاز الأنشطة الحرجة المتوضعة على المسار الحرج.

مما سبق نجد ما يأتي:

– عندما يستخدم التقدير المتشائم لزمن كل نشاط من أنشطة المشروع ، فإننا نحصل على الزمن المتأخر لإنجاز المشروع LT.

– حين يتم استخدام التقدير المتفائل لأزمنة أنشطة المشروع ، يتم تحديد الزمن المبكر لإنجاز ذلك المشروع E T.

---

* يقدر زمن النشاط باستخدام مقاييس التشتت والنزعة المركزية ، ولمزيد من الإطلاع حول هذه الطرائق راجع:
العلي، ابراهيم (2003):"مبادئ علم الإحصاء مع تطبيقات حاسوبية" ،الطبعة الأولى ،كلية الاقتصاد ،جامعة تشرين،اللاذقية،سوريا،ص77-179.
كما يقدر باستخدام النماذج النسبية ، راجع بهذا الصدد :
حجير،سمير وآخرون (2004):"مبادئ الإحصاء "، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ، منشورات جامعة حلب ، مطابع نقابة المعلمين،ص402-452.

1-2-1-طرائق تحديد المسار الحرج :

يتم وضع الأزمنة المقدرة لأنشطة المشروع على شبكة عمل المشروع بغية تحديد الأنشطة الحرجة المتوضعة على مسار واحد في الشبكة، وذلك باتباع إحدى الطريقتين التاليتين :

1-1-2-1- طريقة السرد الكامل :

تعتمد هذه الطريقة في تحديد المسار الحرج على :

1- تحديد $\{p\}$ مجموعة مسارات شبكة عمل المشروع والبالغ عددها m مساراً.

2- تحديد الأنشطة المكونة لكل مسار والتي عددها k.

3- حساب المدة الزمنية لكل مسار في المجموعة $\{p\}$ وذلك من خلال المعادلة التالية:

$$T(\pi_i) = \sum_{\substack{\forall (i,j) \in c.p. \\ l=1}}^{k} \left(D_{ij}\right)_l \qquad (75\text{-}1)$$

حيث $T(\pi_i)$ زمن المسار π_i، i=1,2,.....m ، l=1,2,.....k

4- نختار القيمة العظمى للمجاميع التي عددها يساوي عدد المسارات m أي :

$$\underset{i}{Max}\ T(\pi_i) = T(\pi_c) \qquad (76\text{-}1)$$

حيث $T(\pi_C)$:زمن المسار الحرج الذي رقمه C،الذي ينبغي توجيه الاهتمام إليه وتوفير اليد العاملة والموارد كافة لإنجاز أنشطته ضمن أزمنتها المقدرة لها حتى لا يتأخر إنجاز المشروع، هذا وتعدُّ مدة هذا المسار هي $/T/$ المقدرة لإنجاز المشروع ،أي أن المسار الأطول هو المسار الحرج وقد تحوي الشبكة أكثر من مسار حرج .

2-1-2-1- الطريقة التحليلية :

رأينا سابقاً عند الحديث عن الأنظمة التي تقوم عليها نماذج شبكات الأعمال ،كيف يتم حساب كل من الزمن المبكر والمتأخر والاحتياطي الزمني لكل نشاط، وذلك حسب كل نظام، وذكرنا أن الأنشطة التي لها احتياطي زمني كلي معدوم تكون أنشطة حرجة، وعلى ذلك فإن المسار الذي يتكون من الأنشطة التي لها احتياطي زمني كلي معدوم أي أنشطة حرجة فقط هو مسار حرج . بقي أن نشير إلى أن المسار الحرج سواء تم تحديده بالطريقة التحليلية أو طريقة السرد الكامل فإنه قد يحوي نشاطاً وهمياً،"فالنشاط الوهمي الذي يربط بين نشاطين حرجين يكون حرجاً أيضاً . " (1)

---

(1) Cambridge consultants (training) (1967) "A programmed Introduction to critical path Methods ,England,p43.

بالنسبة للمسارات غير الحرجة المكونة من أنشطة حرجة وأخرى غير حرجة ،والتي يكون طولها أقل من طول المسار الحرج ،وتملك فائضاً زمنياً يحسب بالعلاقة التالية :

$$TF(\pi_i) = T - T(\pi_i) \qquad (77\text{-}1)$$

أي أن : $TF(\pi_i)$ الاحتياطي الزمني للمسار π_i ، و هو الفرق بين زمن المسار الحرج أي المدة المتوقعة لإنجاز المشروع T وبين زمن ذلك المسار π_i .

1-2-2- ضغط شبكة CPM :

ينبغي أن نوضح العلاقة بين الزمن والتكلفة أولاً، ومن ثم نستعرض طرائق ضغط شبكة CPM :

1-2-2-1- العلاقة بين الزمن والتكلفة :

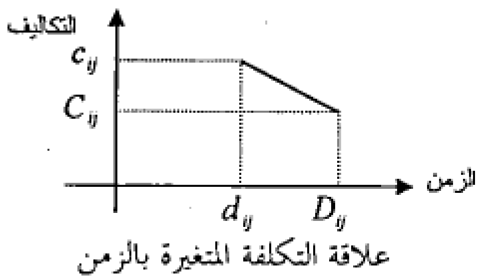
تختص CPM بدراسة التكاليف وعلاقتها مع الزمن اللازم لإنجاز المشروع، حيث تفترض أن زمن إنجاز كل نشاط معروف ،وأن العلاقة بين التكلفة والزمن معروفة أيضاً ، فعلاقة التكلفة المتغيرة (المباشرة) مع الزمن علاقة خطية من الشكل :

$$C_{ij} = a_{ij} - b_{ij} D_{ij} \qquad (78\text{-}1)$$

حيث : b_{ij} ميل منحنى التكلفة، ويعبر عن مقدار المبالغ الإضافية المطلوبة لضغط زمن النشاط بمقدار وحدة واحدة ، وتحسب من العلاقة التالية :

$$b_{ij} = \frac{c_{ij} - C_{ij}}{D_{ij} - d_{ij}} \qquad (79\text{-}1)$$

تظهر هذه العلاقة بيانياً كما في الشكل [1] (1-28) :



الشكل (1-28)

أي أنه كلما انخفض الزمن اللازم لإنجاز النشاط عن طريق زيادة العمالة أو العمل وقتاً إضافياً وزيادة الآلات .... الخ، كلما زادت التكلفة المتغيرة نتيجة زيادة أجور العمالة الإضافية وأجور

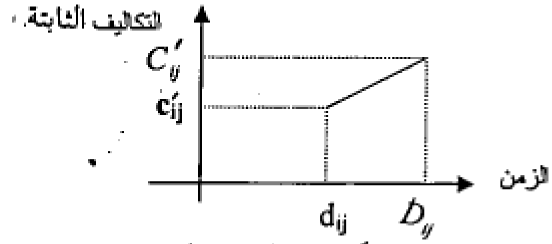
---

(1) البكري، سونيا محمد(1997):"استخدام الأساليب الكمية في الإدارة "، جامعة الإسكندرية ،ص107.

ساعات العمل الإضافية وتكلفة الآلات الجديدة ..... الخ، أما فيما يخص التكلفة الثابتة (غير المباشرة) فهي ذات علاقة خطية مع الزمن من الشكل :

$$C`_{ij} = a`_{ij} + b`_{ij} D_{ij} \qquad (80-1)$$

وتمثل هذه العلاقة بيانياً كما في الشكل (1-29)التالي :[1]



علاقة التكاليف الثابتة بالزمن

الشكل (1-29)

1-2-2-2- الطرائق التقليدية لضغط شبكة CPM :

إن من أهم ما تهدف إليه CPM هو المفاضلة بين الزمن والتكلفة بغية تقليص المدة الزمنية للمشروع من خلال زيادة الموارد بأنواعها المختلفة ومعرفة التكاليف الإضافية ، فهي تضع المدير في موقف المفاضلة والاختيار بين أن ينفذ المشروع في الزمن الطبيعي ويتفادى التكلفة الإضافية ،أو أن ينفذ المشروع في الزمن المضغوط ، ويتحمل التكلفة الإضافية . أي عملية الموازنة بين :

1- " تخفيض التكاليف الثابتة عن طريق ضغط زمن النشاط .

2- زيادة التكاليف المتغيرة نتيجة زيادة الموارد اللازمة لضغط زمن المشروع "[2] .

تتم عملية ضغط شبكة العمل من خلال تخفيض أزمنة الأنشطة الحرجة التي تؤثر في موعد إنهاء المشروع ، حيث لهذا التخفيض جانبان :

" **الأول هندسي** : يتمثل في تحديد ومعرفة مدى إمكانية تخفيض زمن النشاط من الناحية الفنية، فهناك أنشطة لا يمكن ضغط زمنها لأسباب فنية ، لذا يجب الأخذ في الحسبان ، أثر المتغيرات الفنية والتنظيمية والبشرية أثناء عملية الضغط .

الثاني اقتصادي : يمثل العبء الإضافي الذي يتحمله المشروع الناتج عن عملية تخفيض زمن

---

[1] البكري، سونيا محمد(1997):"استخدام الأساليب الكمية في الإدارة "، مرجع سابق ،ص107.

[2] المرجع السابق ،ص107.

النشاط الحرج ، وبالتالي للمشروع كلّه ، إذ لا تتوفر الموارد اللازمة للقيام بعملية التخفيض في أحيان كثيرة، أو تكون تكاليف التخفيض أكبر من الوفر الحاصل في التكاليف الثابتة (غير المباشرة) . "[1]

تنطلق جميع طرائق الضغط التقليدية (الضغط خطوة خطوة لأنشطة المسار الحرج ، الضغط باستخدام الاحتياطي الزمني الحر) من افتراض أن العلاقة بين التكاليف المباشرة والزمن هي علاقة خطية. وأن التخفيض يبدأ بالأنشطة الحرجة ذات التأثير المباشر على زمن المشروع ، حيث يخفض زمن النشاط الحرج ذو الميل الأقل لمنحني التكلفة أي $\left[b_{ij}=\min_{(i,j)} \ b_{ij}\right]$ ، كما أنها تفترض أن الموارد المتاحة كافية للقيام بعملية الضغط ، حيث تتم عملية الضغط بأقل زيادة ممكنة في التكاليف المباشرة وإلى أقصى حد ممكن فنياً . ومن أهم طرائق ضغط الشبكات التقليدية ما يلي :

❖ **طريقة الضغط خطوة خطوة لأنشطة المسار الحرج :**

تأتي عملية الضغط لشبكة المشروع بعد الانتهاء من تحليل المشروع تحليلاً هيكلياً ،وبعد وضع الخطة الزمنية للمشروع على أساس الأزمنة الطبيعية اللازمة لإنجاز أنشطته . حيث يتطلب ضغط الشبكة وفق هذه الطريقة القيام بالخطوات التالية :

1- تحديد أنشطة المشروع والعلاقات المنطقية بين هذه الأنشطة .

2- تقدير المؤشرات التالية لكل نشاط في المشروع : $d_{ij}, D_{ij}, c_{ij}, C_{ij}$.

3- تحديد الأنشطة الحرجة بناء على الأزمنة الطبيعية ، وحساب أزمنة المسارات جميعها في الشبكة.

4- حساب ميل منحنى التكلفة لكل نشاط / b_{ij} / .

5- نختار النشاط الحرج ذا الميل الأقل لمنحنى التكلفة ، ونخفض زمنه بمقدار وحدة زمنية واحدة فينخفض زمن المشروع أيضاً بمقدار وحدة زمنية واحدة .

6- ينتج عن عملية ضغط زمن النشاط في الخطوة السابقة تكاليف إضافية ، فإذا كانت تلك التكاليف الإضافية أقل من الوفر الحاصل في التكاليف الثابتة الناتجة عن تخفيض زمن المشروع فإن التخفيض يستمر. أي أنه إذا كانت التكاليف الكلية للمشروع أقل من تلك المحسوبة بالاعتماد على زمن المشروع المحدد باستخدام الأزمنة الطبيعية لأنشطته . حيث تحسب تكاليف المشروع الكلية /Tc/ والتي تساوي حاصل مجموع تكلفة الضغط وجداء التكاليف

---

[1] المصور ، كاسر نصر (2000) " نظرية القرارات الإدارية (مفاهيم وطرائق كمية)" ، مرجع سابق ، ص 286 .

1-2-2-4-المفاضلة بين الزمن والتكلفة والجودة في المشروع

Time,Cost and Quality Trade – off in Project

تناولت الطرائق السابقة لضغط شبكة CPM عنصرين فقط من عناصر قوى المشروع هما الــزمن والتكلفة ، حيث تؤثر عملية الضغط هذه في العنصر الثالث وهو جودة الأداء في المشروع،والذي يعــد من مقاييس مخاطرة المشروع ، لذلك اقترحت الطريقة التالية لعملية ضغط عناصر قوى المشروع الثلاثة (الزمن ، التكلفة ، الجودة)، حتى لا يتأثر العنصر الذي لم يؤخذ في الحسبان بعملية ضغط العنصــرين الآخرين ، حيث تساعدنا هذه الطريقة على تحديد الزمن الأقل والتكلفة الأقل والجودة الأفضل وذلــك باستخدام ثلاثة نماذج برمجة خطية Lp/ Linear programming/ يرتبط بعضها مــع بعــض، حيــث يتناول كل نموذج عنصراً واحداً فقط من عناصر قوى المشروع السابقة، هذا وتقوم هذه الطريقة علــى الافتراضات التالية:

1- تعدُّ تكلفة النشاط وجودة أدائه توابع خطية بالنسبة لزمن إنجازه .

2- تكون أنشطة المشروع والعلاقات المنطقية محددة على الشبكة CPM المصممة وفــق AOA والتي تحتوي على N نشاط و n حدث .

3- يرافق كل نشاط المتغيرات التالية :

أ- زمن الإنجاز الطبيعي وزمن الإنجاز المضغوط .

ب- التكلفة الطبيعية وجودة الأداء الطبيعية Q_{ij} التي مقياسها=100%.

جـ- التكلفة المضغوطة وجودة الأداء المضغوطة q_{ij} بزمن مضغوط . حيث أن :

$$D_{ij} \geq d_{ij} \geq 0 \qquad (85\text{-}1)$$

$$C_{ij} \geq c_{ij} \geq 0 \qquad (86\text{-}1)$$

$$Q_{ij} \geq q_{ij} \geq 0 \qquad (87\text{-}1)$$

4- تساوي التكلفة الكلية للمشروع مجموع تكاليف الأنشطة الجزئية، بينما تساوي جودة أداء المشروع الكلية متوسط مقاييس الجودة لكل الأنشطة الجزئية أي أن :

$$C = \sum_{K=1}^{N} C_{ij} \qquad (88\text{-}1)$$

$$Q = \frac{1}{N}\sum_{K=1}^{N} Q_{ij} \qquad (89\text{-}1)$$

تقاس جودة حزمة العمل work-package التي تمثل مجموعة من الأنشطة المترابطة بعضــها مــع

بعض بالوسط المرجح لجودة تلك الأنشطة الجزئية وتكون الأوزان متناسبة مع قيم الأعمال المتعاقد عليها.

5- بالنسبة للأنشطة الوهمية لدينا :

$$D_{ij} = d_{ij} = 0 \qquad (90\text{-}1)$$

تصاغ نماذج البرمجة الخطية الثلاثة كالتالي:

نفرض t_{ij} متغير يشير إلى زمن إنجازالنشاط(i,j) . X_i: الزمن المبكر للحدث رقم i ، حيث :

$$i = 1.......n$$

النموذج الأول : تابع الهدف هو الزمن المثالي لإنجاز المشروع و الذي يساوي الزمن المبكر لحدث النهاية أي أن :

$$T_F = X_n \rightarrow Min \qquad (91\text{-}1)$$

القيود:

$$X_1 = 0 \qquad (92\text{-}1)$$

$$D_{ij} \geq t_{ij} \geq d_{ij} \qquad (93\text{-}1)$$

$$X_i + t_{ij} - X_j \leq 0 \qquad (94\text{-}1)$$

وذلك من أجل جميع الأنشطة $t_{ij} \geq 0.,x_i \geq 0$.

النموذج الثاني : تابع الهدف هو التكلفة الإجمالية المثلى للمشروع C_F :

$$C_F = \sum (a_{ij} - b_{ij} t_{ij}) \rightarrow Min \qquad (95\text{-}1)$$

$$b_{ij} = (c_{ij} - C_{ij}) / (D_{ij} - d_{ij}) \qquad (96\text{-}1)$$

$$a_{ij} = C_{ij} + b_{ij} D_{ij} \qquad (97\text{-}1)$$

النموذج الثالث :تابع الهدف هو الجودة الكلية المثلى للمشروع Q_F :

$$Q_F = \sum_{All(i,j)} (A'_{ij} + B'_{ij} t_{ij}) \rightarrow Max \qquad (98\text{-}1)$$

$$B'_{ij} = (Q_{ij} - q_{ij}) / (D_{ij} - d_{ij}) \qquad (99\text{-}1)$$

$$A'_{ij} = q_{ij} - B'_{ij} . t_{ij} \qquad (100\text{-}1)$$

تحل هذه النماذج الثلاثة بوساطة برنامج LP المذكور في الملحق G، فنحصل على القيم المثلى لزمن إنجاز المشروع والتكلفة الإجمالية لهذا المشروع والمعدل الأمثل للجودة، فالنموذج الأول يعطينا الزمن الأقل والمثالي للمشروع والنموذج الثاني يعطينا التكلفة الدنيا المثلى والثالث يعطينا الجودة العظمى للمشروع .[1]

[1] Khang ,Do Ba and yin Mon Mint ," time , Cost and Quality Trade -- Off in Project Management : a case study ." International Journal of project Management ,(1999) , vol .17 , No .4 , Great Britain , p249 – 256.

المبحث الثالث

التحليل حسب منهج بيرت

Analysis By PERT Approach

تمهيد:

يعدُّ منهج بيرت الإحصائي نموذجاً شبكياً يستخدم في جدولة وتخطيط ورقابة المشروعات التي تحتوي على نوع من عدم التأكد في مدة إنجاز بعض الأنشطة التي تتكون منها ، حيث يعالج هذا النموذج مسألة عدم التأكد في ضوء الاحتمالات المتوقعة .

يقوم هذا النموذج على افتراض أن أنشطة المشروع واضحة بشكل تام، وعلاقات الأسبقية بين هذه الأنشطة واضحة أيضاً، وموضحة على شبكة عمل المشروع المصممة وفق نظام معين AOA أو AON كما في نموذج CPM .

إن أهم الأسس التي يبنى عليها منهج PERT هي أن أزمنة إنجاز الأنشطة ،ومن ثم زمن إنجاز المشروع كلّه لا تكون محددة أو مؤكدة بل تكون عشوائية، وذلك لأن هناك عوامل ومتغيرات وأطرافاً خارجية كقوى السوق والأطراف المنافسة تؤثر في زمن إنجاز العملية. فمن الصعب الاعتماد على تقدير واحد لزمن النشاط، وللحد من تأثير هذه العوامل والمتغيرات ومعالجة الانحرافات في أزمنة النشاط يعتبر زمن كل نشاط متغيراً عشوائياً خاضعاً لتوزيع احتمالي معين وليس مقداراً ثابتاً . وبما أن زمن إنجاز كل نشاط من أنشطة المشروع هو متحول عشوائي مستمر لذلك فهو يخضع لتوزيع احتمالي مستمر .

1-3-1- أهم التوزيعات الاحتمالية المستمرة المستخدمة في بيرت:

إن أهم التوزيعات الاحتمالية المستمرة التي يمكن استخدامها في تقدير أزمنة إنجاز الأنشطة في PERT نذكر ما يلي:

1-3-1-1- التوزيع المثلثي Triangular Distribution :

هو توزيع احتمالي مستمر يستخدم عندما تكون البيانات الفعلية مفقودة أو لم يتم جمعها ، أو يكون جمعها غير ممكن، وإن هذا التوزيع المعرف على المجال[a,b] هو من الشكل التالي :[1]

---

[1] Ang , Alfredo H-S. & Wilson H. Tang , (1975)," Probability concepts in Engineering planning and Design ", volume I,JOHN Wiley & Sons , Singapore , p224 .

$$f(x)=\begin{cases}\dfrac{2}{b-a}\left(\dfrac{x-a}{u-a}\right) & a\le x\le u\\ \dfrac{2}{b-a}\left(\dfrac{b-x}{b-u}\right) & u\le x\le b\end{cases} \qquad (101\text{-}1)$$

حيث : $f(x)$ التوزيع الاحتمالي ،و يحقق الشرط : $\int_a^b f(x)dx=1$.

وإن a : الحد الأدنى و u : القيمة الأكثر احتمالاً ، b : الحد الأعلى .

كما وتحقق المؤشرات السابقة العلاقة التالية : $a\le u\le b$.

والقيم المميزة لهذا التوزيع هي التالية :

$$\bar{x}=\frac{1}{3}(a+b+u) \quad \text{التوقع الرياضي} \qquad (102\text{-}1)$$

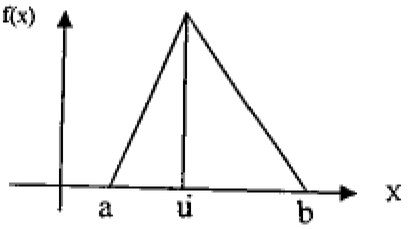
$$\sigma^2=\frac{1}{18}(a^2+b^2+u^2-ab-au-bu) \quad \text{التباين} \qquad (103\text{-}1)$$

$$Mod=u \quad \text{المنوال} \qquad (104\text{-}1)$$

ويأخذ هذا التوزيع أشكالاً بيانية مختلفة، وذلك تبعاً لقيم المؤشـرات a,b,u ، فـإذا كانـت $a=u=0$ فإن التوزيع الاحتمالي يصبح على الشكل التالي :

$$f(x)=\frac{2}{b^2}(b-x) \qquad 0\le x\le b \qquad (105\text{-}1)$$

ويأخذ هذا التوزيع الشكل البياني العام التالي :



منحني التوزيع المثلثي

الشكل (30-1)

2-1-3-1-التوزيع المنتظم /Uniform Distribution :

ويستخدم هذا التوزيع لتقدير الزمن اللازم لإنجاز مهمة ما، وذلك بعد تقدير الحد الأعلى والأدنى لذلك المتغير ، وهو من الشكل :(1)

(1)Ang Alfredo H.S.& Wilson H. Tang(1975) :"Probability Concepts in Engineering Planning and . Design Vol.1, p1176-177, مرجع سابق.

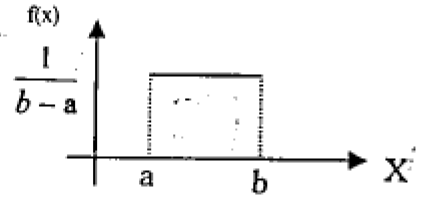
$$f(x)=\begin{cases}\dfrac{1}{b-a} & a \le x \le b \\ 0 & otherwise\end{cases} \qquad (106\text{-}1)$$

وقيمه المميزة هي :

$$\bar{x}=\frac{b+a}{2} \qquad (107\text{-}1)$$

$$\sigma^2=\frac{(b-a)^2}{12} \qquad (108\text{-}1)$$

والشكل البياني له موضح في الشكل (1-31) التالي :



المخطط البياني للتوزيع المنتظم

الشكل (1-31)

1-3-1-3-توزيع β−PERT :

يشتق هذا التوزيع من توزيع Beta العام، ويكون مجال تطبيقه محصوراً في معرفة الزمن التقريبي للنشاط في شبكة PERT ،وذلك عندما تكون البيانات الفعلية مفقودة . ويقوم هذا التوزيع على قاعدة إيجاد ثلاثة تقديرات لزمن إنجاز النشاط هي :

1- الزمن المتفائل a: هو الحد الأدنى لزمن إنجاز النشاط $D_{(i,j)}$ ، الذي يفترض تنفيذه في ظل ظروف مثالية .

2- الزمن المتشائم b :هو الحد الأعلى لزمن إنجاز النشاط المطلوب $D_{(i,j)}$ ،والذي يفترض أن النشاط ينفذ في أسوأ ظروف التنفيذ .

3- الزمن الأكثر احتمالاً m : وهو الزمن اللازم لإنجاز النشاط في ظل ظروف اعتيادية . ويُحدد متوسط هذه التقديرات باستخدام العلاقة التالية :*

---

* للتوسع ومعرفة كيفية استخراج القيم المميزة لتوزيع بيتا انظر:
Battersby , Albert ,M A , BSC , F.R .I.C. , (1970) ," Network analysis for planning and scheduling" , p91, مرجع سابق .

$$(\overline{D_{ij}}) = \frac{a+4m+b}{6} \qquad (109\text{-}1)$$

أما التباين فيعطى بالعلاقة :

$$\sigma^2 = (b-a)^2/36 \qquad (110\text{-}1)$$

ومنه يكون الانحراف المعياري :

$$\sigma = \frac{(b-a)}{6} \qquad (111\text{-}1)$$

وتعطينا العلاقة(109-1) القيمة المتوقعة لـ D_{ij}، التي نتوقع أن ينجز النشاط خلالها لو تكرر تنفيذه عدد من المرات .

يستطيع المخطط أن يستخدم الصيغ المعدلة لحساب كل من القيمة المتوقعة والتباين بدلاً من العلاقتين (109-1),(110-1) ، حيث تعطينا تقديراً للزمن أقل تحيزاً و فعالية من تقدير العلاقتين السابقتين. وهذه الصيغ هي:[1]

$$\overline{D} = \frac{(a+0.95m+b)}{2.95} \qquad (112\text{-}1)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{3.25}\right)^2 \qquad (113\text{-}1)$$

ويعود سبب استخدام توزيع بيتا الاحتمالي في تقدير المدة الزمنية اللازمة لإنجاز أنشطة المشروع في نموذج PERT إلى نتائج الدراسة التي أجريت من قبل العالم Vanslyke لمعرفة أثر تغير التوزيع الاحتمالي الذي يخضع له زمن النشاط، وذلك بالاعتماد على صيغ التوزيعات الاحتمالية الثلاثة (β – مثلثي– منتظم) من خلال معرفة صفاتها الرياضية (قيمة متوقعة ، تباين)، و عند تحليل شبكة PERT بالقيم المتوقعة والتباين لزمن الأنشطة وفق كل توزيع، وتحديد القيمة المتوقعة وتباين زمن المشروع حسب كل توزيع فحصل على النتائج الواردة في الجدول التالي :

جدول (2-1) أثر تغير التوزيع الاحتمالي على الأزمنة المتوقعة للنشاط*

نوع التوزيع الاحتمالي المستخدم في التقدير		بيتا	مثلثي	منتظم
زمن المشروع بالمحاكاة	قيمة متوقعة	67	69	72
	تباين	42	59	93

نجد من الجدول السابق أن استخدام توزيع بيتا لتقدير أزمنة الأنشطة أفضل من التوزيعات

---

(1) Terpening Willbann D. ,(1993):Msctools Software tools for quantitative Methods and Management Science, Conzaga University ,McGraw-Hill,Inc.,U.S.A.,P56

* للتوسع انظر:

Battersby , Albert ,M A , BSC , F.R .I.C. , (1970) ," Network analysis for planning and scheduling" , P268 – P269 . مرجع سابق

الأخرى ،وذلك لأن التقديرات التي تمّ الحصول عليها تتمتع بمعايير جودة تقدير أفضل من التقديرات الأخرى ،حيث القيمة المتوقعة لزمن المشروع هي الأقل من بين القيم الأخرى . وتباين زمن المشروع بالمحاكاة وفق توزيع بيتا هو الأقل، أي أن تقدير توزيع بيتا أكثر فعالية من تقديرات التوزيعات الاحتمالية الأخرى المستخدمة .

" لو افترضنا أن الأزمنة المقدرة للأنشطة متغيرات عشوائية ومتوسطها متغير عشوائي، وأن أنشطة المشروع جميعها متغيرات عشوائية مستقلة، وذلك بغض النظر عن نوع التوزيع الاحتمالي المستخدم في الأنشطة الجزئية للمشروع "[1] تكون النتيجة وحسب نظرية النهاية المركزية أن متوسط الأنشطة وبشكل تقريبي موزع توزيعاً طبيعياً. من هذا يمكننا حساب احتمال إنجاز كل نشاط في موعد معين(P_{ij}) أي أن :

$$P_{ij} = \Phi\left(\frac{D_{ij} - \overline{D_{ij}}}{\sigma_{ij}}\right) \qquad (114\text{-}1)$$

حيث Φ:هي قيمة تابع التوزيع الاحتمالي الطبيعي المعياري عند النقطة $\left(\frac{D_{ij} - \overline{D_{ij}}}{\sigma_{ij}}\right)$

ولكن بما أن الأنشطة مرتبطة بعضها مع بعض بعلاقات أسبقية ،وأن حساب احتمال إنجاز كل نشاط على حده يزيد من الجهد ويتطلب وقتاً كبيراً، لذلك يتم حساب الزمن المتوقع وتباين المسار الحرج فقط، وبالتالي نحصل على الزمن المتوقع للمشروع وانحرافه المعياري من العلاقات التالية :

$$\overline{T} = \sum_{\forall(i,j)\in c.path} \overline{D}_{ij} \qquad (115\text{-}1)$$

$$\sigma^2 = \sum_{\forall(i,j)\in c.path} \sigma^2{}_{ij} \qquad (116\text{-}1)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \qquad (117\text{-}1)$$

وبالتالي نستطيع حساب احتمال إنجاز المشروع في موعد محدد T من خلال :

$$P_{proj} = \phi\left[\frac{T - \overline{T}}{\sigma}\right] \qquad (118\text{-}1)$$

حيث ϕ قيمة تابع التوزيع الاحتمالي الطبيعي المعياري عند النقطة $\left[\frac{T - \overline{T}}{\sigma}\right]$

1-3-2- ضغط شبكة بيرت: Crashing PERT Network

نحصل من خلال النماذج التقليدية CPM,PERT على جدول بالأنشطة المكونة للمشروع مرفقة بالأزمنة والتكاليف الطبيعية والمضغوطة ، كما يتم تحديد زمن إنجاز المشروع من خلال الأزمنة المطلوبة لإنجاز الأنشطة الحرجة ،عندئذ يتسنى لمخطط المشروع أن يضغط الشبكة التقليدية من خلال " تقليص

---

[1] نجم ، عبود نجم (2001) " إدارة العمليات النظم والأساليب والاتجاهات الفنية " 1 "، مرجع سابق، ص121.

زمن النشاط بإضافة الموارد مقابل زيادة التكلفة "[1] ،حيث يعمد إلى المفاضلة بين عنصري الزمن والتكلفة بغية الوصول إلى ضغط مثالي للشبكة التقليدية .

تتم عملية الضغط من خلال التأثير في عدة عوامل منها : زيادة زمن العمل ، زيادة حجم العمالة، تخصيص موارد إضافية للأنشطة ، وذلك على حساب زيادة التكلفة المباشرة لكل وحدة عمل، أو لكل وحدة زمنية أو لكل مورد .

هذا ونشير إلى أن الطرائق التقليدية لضغط الشبكات التي ذكرت في شبكة CPM تستخدم لضغط شبكة PERT ،و بالإضافة إلى الطرائق المذكورة في المبحث السابق هناك طرائق أخرى لضغط شبكةPERT أهمها طريقة الضغط الاحتمالي التي لا تصلح للتطبيق في CPM ، وهذه الطرائق هي :

1-3-2-1- ضغط زمن إنجاز المشروع باستخدام الاحتياطي الزمني في زمن إنجاز النشاط في ظل أسلوبPERT/Cost:

جاءت هذه الطريقة لتلائم كافة المشروعات وجميع الحالات والظروف التي تحكم مديري المشروعات متفادية عيوب ومحددات طرائق الضغط التقليدية المستخدمة في شبكة CPM ،والتي تستخدم في ضغط شبكة PERT أيضاً . تقوم هذه الطريقة على أساس المفاضلة بين الاحتياطي الزمني للنشاط وزمنه المضغوط أيهما أقل ،ومن ثم المفاضلة مع ميل التكلفة الأكبر، وتتم عملية الضغط كمايلي:[2]

1- تقدير المؤشرات التالية لكل نشاط من أنشطة المشروع ، C_{ij}، c_{ij}، d_{ij}، D_{ij} .

2- رسم الشبكة وتحليلها وفقاً للأزمنة المضغوطة، وتحديد المسار الحرج الذي يشكل أقل زمن يمكن أن ينفذ فيه المشروع في ظل الأزمنة المضغوطة الممكنة فنياً .

3- تحديد الاحتياطي الزمني أي الفرق بين أزمنة البداية والنهاية المضغوطة لأنشطة المشروع غير الحرجة ، وتحديد عدد الوحدات الزمنية التي يمكن أن يضغط فيها زمن كل نشاط غير حرج.

4- تحديد جميع مسارات الشبكة غير الحرجة و المدد الزمنية الخاصة بها، ومقدار الاحتياطي الزمني لكل مسار .

5- تحدد الأنشطة غير الحرجة التي لا تنتمي إلا لمسار واحد غير حرج فقط ،ومن ثم نقوم بضغط

---

(1) Anderson David R& Others (1995): "Quantitative Methods for Business" , 6th.ed. ,west publishingcompany,U.S.A.,P610.

(2) المنصور ، كاسر نصر (2001): "تعجيل زمن إنهاء المشروع باستخدام المرونة في زمن إنهاء النشاط في ظل أسلوب PERT/Cost "،مرجع سابق، ص202-198.

زمن هذه الأنشطة ،حيث نختار النشاط غير الحرج الذي له أكبر ميل لمنحنى التكلفة، ونضغط زمنه بمقدار الاحتياطي الزمني له، أو عدد الوحدات التي يجب أن نضغط بها زمن ذلك النشاط أيهما أقل . بعد ذلك نقوم بضغط زمن النشاط غير الحرج الذي يليه بميل تكلفة أكبر من بقية الأنشطة غير الحرجة الأخرى، ونكرر عملية الضغط لجميع الأنشطة غير الحرجة التي لا تنتمي إلا لمسار واحد فقط ، حيث يتم حساب الوفر في التكاليف بعد كل عملية ضغط لزمن نشاط غير حرج من خلال جداء ميل منحنى تكلفة النشاط بعدد الوحدات الزمنية التي ضغط بها زمنه .

6- نحدد الأنشطة غير الحرجة التي تنتمي إلى أكثر من مسار غير حرج، حيث نختار النشاط غير الحرج ذا ميل التكلفة الأكبر، ونقارن بين الاحتياطي الزمني له و بين عدد وحدات الضغط أيهما أقل .

7- نكرر هذه الخطوات حتى تصبح جميع مسارات الشبكة حرجة ،وقد يبقى مسار غير حرج لا يمكن أن نخفض زمن أنشطته غير الحرجة، لأنه يحوي أنشطة تنتمي إلى مسارات قد أصبحت حرجة نتيجة الضغط .

1- **ميزات هذه الطريقة** : تتميز هذه الطريقة عن غيرها من الطرائق التقليدية بما يلي :(1)

1- البساطة والسهولة والدقة في التطبيق نظراً لاقتصارها على بيانات حسابية للأنشطة والمسارات غير الحرجة دون حاجة لرسم الشبكة . وخصوصاً للأزمنة العادية .

2-انخفاض كمية البيانات وتنوعها : الاحتياطي الزمني للأنشطة غير الحرجة ،ميل منحنى تكلفة الأنشطة غير الحرجة ، فترة ضغط الأنشطة غير الحرجة .

3- التخلص من مشكلة ظهور مسارات حرجة جديدة مع كل خطوة تعجيل في الأساليب التقليدية .

4- يمكن تطبيق هذه الطريقة باستخدام الحاسوب وذلك بعد اعتماد ما يلي :

أ- استخدام الاحتياطي الزمني للأنشطة غير الحرجة في الشبكة المحللة وفق الأزمنة المضغوطة لأنشطة المشروع مقارنة مع فترة الضغط أيهما أقل .

ب – استبعاد الأنشطة الحرجة .

---

(1) المنصور ، كاسر نصر (2001): "تعجيل زمن إنهاء المشروع باستخدام المرونة في زمن إنهاء النشاط في ظل أسلوب PERT/Cost "،مرجع سابق، ص202-203.

ج- البدء بالأنشطة غير الحرجة التي لا تنتمي إلا لمسار واحد فقط أولاً ، و من ثم بالأنشطة غير الحرجة المنتمية إلى أكثر من مسار .

د- عدم الإخلال بأزمنة الأنشطة كي لا يتجاوز زمن المشروع في حالة الضغط الحدود المسموح بها لكل مسار .

نجد من خلال ما سبق أن محددات هذه الطريقة تتمثل في أنها غير ملائمة لضغط الشبكات الضخمة ذات الأنشطة الكثيرة وخاصة أنها: "نموذج كمي عملي عام ينفذ يدوياً أو حاسوبياً بجهد أقل ومنطق معالجة منظم وبسيط وذي كفاءة عالية " [1] ، حيث يصبح من الصعب إجراء عملية الضغط وفق هذه الطريقة يدوياً لشبكات أعمال المشروعات الكبيرة بل يصبح من الضروري الاعتماد على برمجيات خاصة بها .

نقترح بدورنا طريقة لضغط شبكة عمل المشروع تستلزم القيام بالخطوات التالية :

1- نحلل شبكة عمل المشروع وفق الأزمنة الطبيعية ومن ثم وفق الأزمنة المضغوطة لأنشطته .

2- نوجد تقاطع مجموعتي المسارات غير الحرجة المحددة وفق كل تحليل .

3- نحسب المؤشرات التالية للمسارات غير الحرجة التي تم الحصول عليها في الخطوة السابقة:المدة الطبيعية ،المدة المضغوطة،الفائض المضغوط (الفرق بين مدة المسار الحرج المحددة وفق التحليل بالأزمنة المضغوطة والمدة المضغوطة للمسار غير الحرج) . الفائض الطبيعي، فترة الضغط (المدة الطبيعية – المدة المضغوطة) .

3- نحدد الأنشطة غير الحرجة المنتمية إلى مسار واحد فقط ،والتي بقيت غير حرجة في كل من التحليلين، ونقوم بضغط زمنها بعدد الوحدات الزمنية التي يجب أن تضغط فيها الأنشطة غير الحرجة المنتمية إليه، والذي يساوي إلى:

عدد الوحدات الزمنية = فترة الضغط للمسار – (الفائض الزمني الطبيعي للمسار – الفائض الزمن المضغوط للمسار) ÷ عدد الأنشطة غير الحرجة المنتمية للمسار

---

[1] المنصور ، كاسر نصر (2001): "تعجيل زمن إنهاء المشروع باستخدام المرونة في زمن إنهاء النشاط في ظل أسلوب PERT/Cost "،مرجع سابق، ص193.

حيث يحسب وفر التكاليف الناتج عن كل عملية ضغط .

5- نضغط أزمنة الأنشطة التي كانت حرجة في التحليل الطبيعي ،وأصبحت غير حرجة في التحليل المضغوط، وذلك بمقدار عدد الوحدات الزمنية التي يجب أن تضغط بها أزمنة أنشطة المسار غير الحرج المنتمية إليه . لكن هنا يجب الانتباه وتوخي الحذر إلى ضرورة أن لا تؤثر عملية الضغط لتلك الأنشطة في المسارات التي أصبحت حرجة نتيجة الضغط الذي تمّ في الخطوة السابقة .

1-3-2-2- طريقة الضغط الاحتمالي لشبكة PERT :

تنظر جميع الطرائق التقليدية السابقة المستخدمة في ضغط شبكة CPM ،بالإضافة إلى الطرائق الموضحة في الفقرة السابقة إلى أن زمن النشاط مقدار محدد وأن جميع قيود نماذج البرمجة الخطية محددة وليست احتمالية ،و هذا يتناقض مع الفرض الأساس الذي يقوم عليه منهج PERT الإحصائي ، وهو أن الزمن متغير عشوائي يخضع لتوزيع احتمالي معين،مما يؤدي إلى إعطاء نتائج غير دقيقة وغير واضحة وغامضة،الأمر الذي يؤكد بأنه لا يمكن أن يطبق الضغط لشبكة PERT بثقة كما هي الحال بالنسبة لشبكة CPM التي تقدر الزمن في ظروف التأكد . وللتغلب على هذه العقبة تم الاعتماد على البرمجة الخطية المقيدة احتمالياً CCLP : Constrained Linear Programming Chance بهدف الحصول على ضغط احتمالي مثالي لشبكة PERT .

ويتم إعداد نموذج البرمجة الخطية المقيد احتمالياً على مرحلتين : الأولى : تتم فيها صياغة نموذج البرمجة الخطية المحدد . والثانية: يتم فيها تحويل النموذج المحدد إلى نموذج مقيد احتمالياً .

❖ **صياغة نموذج البرمجة الخطية المحدد :** [1]

1- تابع الهدف: (119-1)

$$Z = \sum b_{ij} t_{ij} \rightarrow Min$$

2- القيود :

أ- قيد المسار الحرج :

(120-1)

$$\sum_{\forall (i,j) \in c.path} t_{ij} \geq c$$

حيث c : مقدار التخفيض اللازم في زمن إنجاز المشروع .

t_{ij} : عدد الوحدات الزمنية التي سيضغط فيها زمن إنجاز النشاط (i, j) .

---

[1] Coskunoglu, Osman,(1984),"Optimal Probabilistic compression Of PERT Network ". Journal of Construction Engineering and Management ,vol.110,No.4,December,p443-445.

b_{ij} : ميل منحنى التكلفة .

ب- القيود الخاصة بالحدود العليا لضغط زمن إنجاز كل نشاط :

تعبر هذه القيود عن استحالة تجاوز عدد الوحدات الزمنية التي سيضغط فيها زمن النشاط الحدود العليا المحددة لضغطه أي:

$$t_{ij} \leq D_{ij} - d_{ij} \qquad (121\text{-}1)$$

حيث : D_{ij} الزمن الطبيعي اللازم لإنجاز النشاط (i,j) .

d_{ij} الزمن المضغوط اللازم لإنجاز النشاط (i,j) .

t_{ij} عدد الوحدات التي سيضغط بها زمن النشاط (i,j) .

ج- قيود الحلقة : تعبر عن : الاحتياطي الزمني الكلي للسلسلة≤ (الضغط على سلسلة بداية ونهاية ذلك المسار الحرج الفرعي)-(الضغط على مسار حرج فرعي) . أي أنه : يجب أن يكون الفرق بين مجموع الأزمنة المثلى اللازمة لإنجاز الأنشطة الحرجة الواقعة على مسار فرعي ومجموع الأزمنة المثلى اللازمة لإنجاز الأنشطة غير الحرجة التي تصل بين بداية ونهاية تلك السلسلة من المسار الحرج أصغر أو تساوي الاحتياطيّ الزمنيّ الكلي للسلسلة . حيث تفترض قيود عدم السلبية أن جميع المتغيرات أكبر أو تساوي الصفر .

وهكذا نحصل على النموذج المحدد الذي ينبغي تحويله إلى نموذج مقيد احتمالياً، وذلك بفرض أن الطرف الأيمن لكل قيد فيه هو متغير عشوائي يخضع للتوزيع الاحتمالي الطبيعي .

❖ **نموذج البرمجة الخطية المقيد احتمالياً CCLP :**

يتم الحصول على هذا النموذج بتحويل نموذج البرمجة الخطية المحدد إلى نموذج برمجة خطية مقيد احتمالياً،وذلك بفرض أن جميع القيود هي احتمالية تنفذ بالاحتمال نفسه وهو $\alpha - 1$، أي أن الطرف الأيمن لمعادلات القيود المحددة هو احتمالي ويحسب له التباين و الانحراف المعياري على الشكل التالي:[1]

- القيد الخاص بالمسار الحرج:

---

(1) Coskunoglu, Osman,(1984),"Optimal Probabilistic compression Of PERT Network " p443-445 , مرجع سابق .

$$\sum_{\forall(i,j)\in c.path} t_{ij} \geq \sum_{\forall(i,j)\in c.path} D_{ij} - T \qquad (122\text{-}1)$$

حيث أن: T : الزمن المطلوب لإنجاز المشروع مقدار ثابت .

إن $\sum_{\forall(i,j)\in c.path} D_{ij}$ هو متغير عشوائي بمتوسط : $\overline{T} = \sum_{\forall(i,j)\in c.path} \overline{D}_{ij}$ وتباين يساوي:

$$\sigma^2 = \sum_{\forall(i,j)\in c.path} \sigma^2$$

ونفرض أن: $c = \sum_{\forall(i,j)\in c.path} D_{ij} - T$

يصبح القيد احتمالياً كما يلي:

$$\sum_{\forall(i,j)\in c.path} t_{ij} \geq c - \sigma Z_\alpha \qquad (123\text{-}1)$$

حيث Z_α هي قيمة متحول التوزيع التكاملي المستخرج من جدول التوزيع الطبيعي المعياري، وهكذا بالنسبة لبقية القيود المحددة تصبح الأطراف اليمنى احتمالية بعد إضافة σ الخاصة بأنشطة كل قيد وضربها بالدرجة المعيارية Z_α .

يمكننا استخدام احتمالات مختلفة لتنفيذ قيود النموذج الاحتمالي، وبما أن قيمة $1-\alpha$ متغيرة فإن Z_α متغيرة، فنحصل على عدد من النماذج الاحتمالية كل منها يعطينا بديلاً معيناً ، يمكننا المفاضلة بين هذه البدائل واختيار الأفضل الذي يتلاءم مع واقع المشروع ومع الإمكانيات المتاحة لتنفيذ المشروع، هذا وتزداد التكلفة الإجمالية مقابل كل زيادة في الاحتمال $1-\alpha$ بمقدار (1%) . وبما أن عدد النماذج الخطية المقيدة احتمالياً هو خمسة نماذج ، فإن حلها يتطلب وقتاً وجهداً ،لذلك يستعان بالحاسوب من أجل ذلك. لمزيد من التوضيح حول هذا النموذج وكيفية صياغته وحله باستخدام الحاسوب نورد المثال التالي :

نفترض أن لدينا أنشطة مشروع وعلاقات الأسبقية بينها موضحة في الجدول التالي:

الجدول (3-1)أنشطة مشروع فرضي وعلاقات الأسبقية بينها وأزمنتها*

النشاط (1)	النشاط السابق (2)	النشاط اللاحق (3)	الزمن بالأيام (4)
A	None	B,J	15
B	A	18SC,10FC,H	30
C	18SB,10FB	8SD,25FD,10SG,22FG	15
D	8SC,25FC	E	33
E	D,G,I	F	20
F	E,M	None	15
G	10SC,22FC	E	29
H	B	I,L	18
I	H	E,M	15
J	A	K	20
K	J	L	26
L	H,K	M	14
M	I,L	F	20

أما نتائج التحليل الزمني لشبكة PERT الموضحة لهذه العوامل فهي المعروضة في الجدول التالي:

*Coskunoglu, Osman,(1984),"Optimal Probabilistic compression Of PERT Network " p443-445 , مرجع سابق.

الجدول (4-1) نتائج التحليل الزمني وفترة الضغط للأنشطة وميل التكلفة.*

النشاط (1)	متوسط الزمن بالأيام (2)	تباين الزمن (3)	زمن الضغط الاعظمي بالأيام (4)	تكلفة الضغط باليوم (5)
A	15	0.444	2	60
B	30	2.560	7	10
C1	5	0.111	1	20
C2	10	1.000	3	20
D1	8	0.444	2	5
D2	25	1.111	8	5
E	20	1.770	5	30
F	15	0.444	2	50
G1	7	0.111	1	15
G2	22	5.440	6	15
H	18	1.222	9	12
I	15	0.990	7	6
J	20	1.335	6	14
K	26	2.000	10	9
L	14	0.780	8	11
M	20	1.400	4	13

وشبكة العمل لهذا المشروع وفق نظام AON موضحة في الشكل (1-32) ، حيث يظهر أن الزمن المتوقع للمشروع هو 115يوم.

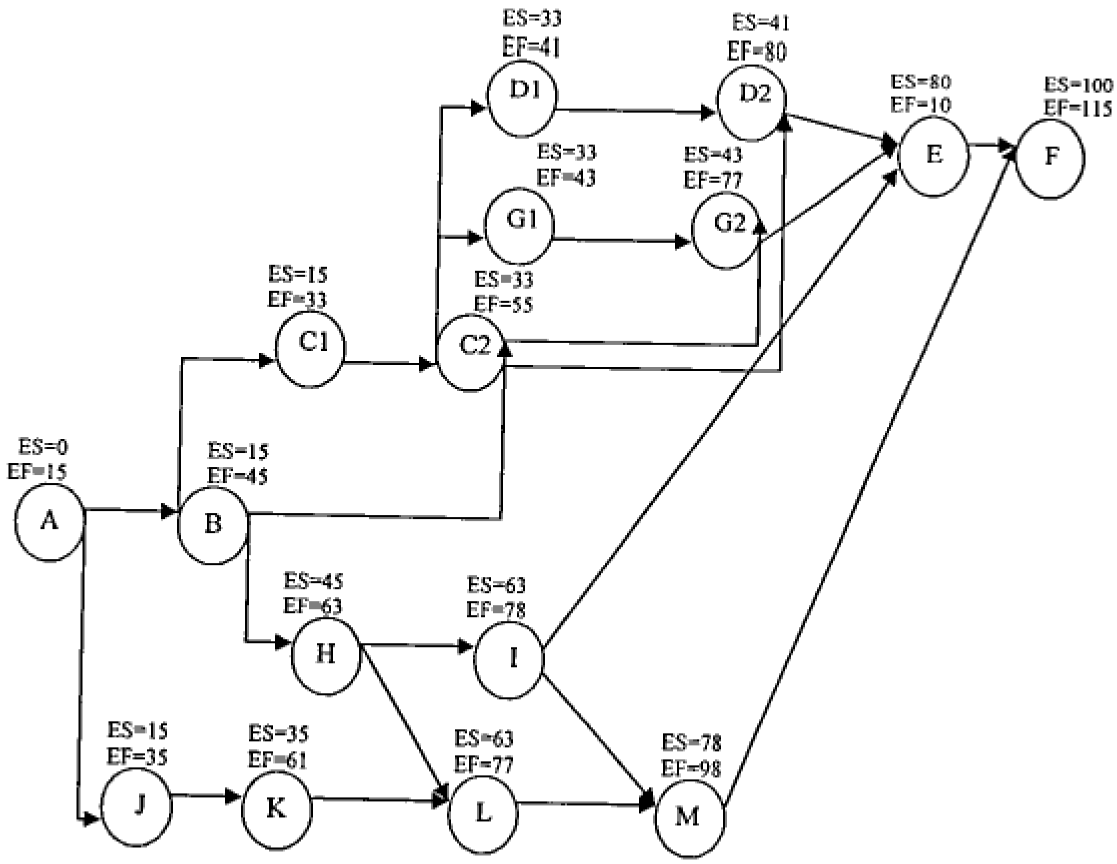
أ- صياغة نموذج البرمجة الخطية المحددة:

افترض أن زمن إنجاز المشروع المطلوب لا يتجاوز 95 يوم، و يجب تخفيض زمن المشروع بـ 20 وحدة زمنية.

1-تابع الهدف: (1)

$$\min z = 60a + 10b + 20c_1 + 20c_2 + 5d_1 + 5d_2 + 30e + 50f + 15g_1 + 15g_2 + 12h + 6i + 14j + 9k + 11l + 13m$$

*Coskunoglu, Osman,(1984),"Optimal Probabilistic compression Of PERT Network " p443-445 , مرجع سابق.



شبكة عمل المشروع

الشكل (1-32)

2- قيد المسار الحرج:

$$a+b+c_2+d_2+e+f \geq 20 \quad (2)$$

3- قيود الحلقة:

$$b-c_1 \leq 7 \quad (3)$$

$$b+c_2-d_1 \leq 6 \quad (4)$$

$$d_2-g_2 \leq 3 \quad (5)$$

$$b+h-j-k \leq 2 \quad (6)$$

$$c_2+d_2-h-i \leq 2 \quad (7)$$

$$c_2+d_2+e-h-i-m \leq 2 \quad (8)$$

$$i-f \leq 1 \quad (9)$$

الحدود العليا لضغط زمن كل نشاط:

$$a \leq 2, b \leq 7, c_1 \leq 1, c_2 \leq 3, d_1 \leq 2 \quad (10)$$

$$b_2 \leq 8, e \leq 5, f \leq 2, g_1 \leq 1, g_2 \leq 6 \quad (11)$$

$$h \le 9, i \le 7, j \le 6, k \le 10, l \le 8, m \le 4 \qquad (12)$$

و جميع المتغيرات غير سالبة،هذا وتشير الحروف الصغيرة إلى عدد الوحدات الزمنية التي سيضغط بها زمن كل نشاط.

2- صياغة نموذج البرمجة الخطية المقيد احتمالياً:

تحويل القيود إلى قيود احتمالية فمثلاً القيد رقم(2) يحول إلى قيد احتمالي بكتابته بالشكل التالي:

$$(t_a - a) + (t_b - b) + (t_{c2} - c_2) + (t_{d2} - d_2) + (t_e - e) + (t_f - f) \le 95$$

$$a + b + c_2 + d_2 + e + f \ge (t_a + t_b + t_{c2} + t_{d2} + t_e + t_f) - 95$$

إن المجموع ضمن القوس هو متغير عشوائي بمتوسط 115 (زمن المسار الحرج)، وبتباين يساوي إلى: $\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_{C2}^2 + \sigma_{D2}^2 + \sigma_E^2 + \sigma_F^2 = 7.329 \Rightarrow \sigma = 2.707$

ويفترض بأن القيود الاحتمالية تنفذ جميعاً بالاحتمال $(1-\alpha)$،عندئذ يمكننا كتابة جميع القيود بالشكل:

$\sum b_{ij} x_j \le \mu_i + \sigma Z_\alpha$ فتصبح القيود المحددة من(2-9) احتمالية كما يلي :

$$a + b + c_2 + d_2 + e + f \ge 20 - 2.707 Z_\alpha \qquad (13)$$

$$b - c_1 \le 7 + 1.634 Z_\alpha \qquad (14)$$

$$b + c_2 - d_1 \le 6 + 2.000 Z_\alpha \qquad (15)$$

$$b + c_2 - g_1 \le 5 + 1.916 Z_\alpha \qquad (16)$$

$$d_2 - g_2 \le 3 + 2.559 Z_\alpha \qquad (17)$$

$$b + h - j - k \le 2 + 2.668 Z_\alpha \qquad (18)$$

$$c_2 + d_2 - h - i \le 2 + 2.079 Z_\alpha \qquad (19)$$

$$c_2 + d_2 + e - h - i - m \le 2 + 2.737 Z_\alpha \qquad (20)$$

$$i - l \le 1 + 1.330 Z_\alpha \qquad (21)$$

يمكن من القيود (13-21) صياغة خمسة نماذج برمجة خطية مقيدة احتماليا حسب قيم $(1-\alpha)$ حيث يحل النموذج عند قيم $(1-\alpha)$التالية الموضحة في الجدول التالي:

الجدول (5-1)قيم $1-\alpha$ ، k_α

$1-\alpha$	0.90	0.70	0.50	0.30	0.10
Z_α	-1.285	-0.525	0	0.525	1.285

تحل النماذج السابقة باستخدام برنامج الحاسوب LP الذي يعطينا نتائج خمسة نماذج للبرمجة الخطية، والتي تشكل بدائل يمكن للمدير المفاضلة بينها لاختيار البرنامج الذي يوافق الإمكانيات المتاحة لديه ، وهذه النتائج موضحة في الجدول التالي :

الجدول (1-6) الحلول المثالية لـ CCLP*

النشاط	عدد الأيام المضغوطة			
	1-α=0.70	1-α=0.50	1-α=0.30	1-α=0.10
A	1.77	0	0	0
B	4.944	6	7	7
C1	0	0	0	0
C2	0	0	0	0.462
D1	0.044	0	0	0
D2	7.657	8	8	8
E	5	5	3.579	1.06
F	2	1	0	0
G1	1	1	0.994	0
G2	6	5	3.657	1.712
H	1.094	0	0	0
I	2	7	4	1.7
J	0	0	0	0
K	5.489	4	3.599	1.752
L	6.698	6	3.211	1.081
M	4	4	3.233	0.215
التكلفة المثلى	779.85	586	426.33	229.91

1-3-3- مؤشرات الحرج في شبكة بيرت: Criticality Indices In PERT Network

يعدُّ نموذج CPM مدة إنجاز النشاط مقداراً ثابتاً ، وعندئذ يكون من السهل تحديد حرج كل نشاط في شبكة CPM، حيث يكون الحرج ممثلاً بالاحتياطي الزمني لكل نشاط من الأنشطة . أما شبكة PERT فإنها تعدُّ مدة تنفيذ النشاط متغيراً عشوائياً يخضع لتوزيع احتمالي معين، مما يجعل من تحديد حرج أنشطة شبكة PERT أمراً ليس سهلاً . ويعرّف مؤشر حرج نشاط ما في شبكة PERT بأنه " مجموع مؤشرات حرج المسارات التي ينتمي إليها ذلك النشاط " [(1)].

بينما يعرف مؤشر حرج المسار بوساطة " احتمال أن تكون مدة المسار أكبر من أو تساوي مدة أي مسار آخر في شبكة PERT "[(2)] . وللتعبير عما سبق بشكل رياضي نفرض أن :

A : مجموعة الأنشطة التي تتضمنها شبكة PERT والتي عددها N نشاط .

---

*Coskunoglu, Osman,(1984),"Optimal Probabilistic compression Of PERT Network " مرجع سابق , 445 .

(1) Do DIN , BAJISM. & Salah E.Elmaghraby (1985) "Approximating the criticality Indices of the Activities in PERT Network , Management Science" , vol.31 , No.2 ,Feb. U.S.A , P207 .

(2) المرجع السابق ،ص207.

P : مجموعة مسارات شبكة PERT .

$T(\pi_i)$: المدة الزمنية للمسار π_i حيث $\pi_i \in P$ وتساوي هذه المدة مجموع أزمنة الأنشطة المنتمية إلى المسار π_i أي :

$$T(\pi_i) = \sum_{(i,j)\in\pi_i} D_{ij} \qquad (124\text{-}1)$$

حيث D_{ij} مدة إنجاز النشاط (i,j) و $(i,j) \in A$ ،عندئذ يمكننا أن نكتب مؤشرات الحرج لشبكة PERT كما يلي :

1- مؤشر حرج المسار π_i / $cp_{(\pi_i)}$ / : Criticality Index Of the Path

$$CP_{(\pi_i)} = pr\left[T_{(\pi_i)} \geq T_{(\pi_q)}\right] \qquad (125\text{-}1)$$

وذلك لأجل جميع المسارات π_q حيث: $\pi_q \in A$ ، $\pi_q \neq \pi_i$.

2 - مؤشر حرج النشاط:Criticality Index of Activity (i ,j)/ $CA_{(i,j)}$ /

$$CA_{(i,j)} = \sum_{\pi\{(i,j)\in\pi_i\}} cp_{(\pi_i)} \qquad (126\text{-}1)$$

وتكمن فائدة مؤشر حرج النشاط فيما يلي :

- يدل مؤشر حرج النشاط $CA_{(i,j)}$ على حساسية النشاط (i,j) ، فكلما كانت قيمة ذلك المؤشر أكبر كلما كان النشاط أكثر حساسية .
- يوجه انتباه الإدارة إلى ضرورة الاهتمام بالنشاط الذي له مؤشر حرج كبير .
- يقدم للإدارة معلومات أكثر تحديداً من المسار الحرج .
- يُحدد الأنشطة المعيقة للعمل، والتي يجب ضغطها عندما يتم ضغط شبكة عمل المشروع .
- يعد أساساً لتخطيط المشروع وموازنة الموارد وتعجيل المشروع ومراقبته .

نجد من خلال ما سبق أن عملية حساب مؤشر حرج النشاط (i,j) تستلزم ضرورة تحديد مسارات شبكة PERT كافة، وحساب مدة كل مسار و مؤشر حرجه بالاعتماد على مفهوم التكامل،و تحديد المسارات المحتوية على النشاط(i,j)، وحساب مؤشر حرج النشاط(i,j)، لذلك يمكننا القول بأن حساب مؤشرات الحرج في شبكات PERT عمل مضنٍ يتطلب جهداً كبيراً وخصوصاً في شبكات PERT الكبيرة ، كما أن عملية الحساب تستغرق زمناً طويلاً.

1-3-4-الانتقادات الموجهة إلى PERT, CPM:

قدمت للشبكات التقليدية مجموعة من الانتقادات المستمدة من الفروض الأساسة التي تبنى عليها هذه الشبكات و من هذه الانتقادات ما يلي:

1-" تفترض PERT CPM أن أنشطة المشروع مستقلة ، لكن في الواقع يكون زمن نشاط ما معتمداً على الصعوبات المواجهة في إنجاز الأنشطة الأخرى "[1] ،أي أن الشبكات التقليدية تعرّف أنشطة المشروع وتحددها على أنها موجودات وهناك نقاط بداية ونهاية واضحة لكل نشاط ، حيث أن تلك الأنشطة المحددة والشبكة المصممة لها تقود إلى الحد من المرونة التي تطلب للتعامل مع حالات التغير مع تقدم المشروع . فأزمنة المشروع مرتبطة مع بعضها، حيث يكون زمن نشاط ما معتمداً على زمن نشاط أو أكثر.

2- " تفترض CPM و PERT أنه يوجد نقاط تقسيم دقيقة، فحيث ينتهي النشاط الأول يبدأ الآخر، ولكن في الواقع قد يبدأ نشاط ما قبل أن ينجز النشاط السابق ." [2]

3- تستند عملية رقابة المشروع إلى المسار الحرج [3] ليس صحيحاً أن المسار ذ ا الزمن الأطول والاحتياطي الزمني الكلي المعدوم هو الذي يحدد زمن المشروع، فأثناء التنفيذ قد يتأخر نشاط ما ليس على المسار الحرج إلى درجة أن يؤثر ذلك على زمن المشروع بالزيادة، ولحل ذلك اقترح أن يستخدم مفهوم النشاط الحرج بدلاً من المسار الحرج كتركيز على الرقابة، حيث يوجه الانتباه إلى الأنشطة التي لها انحراف أو تتقاطع مع المسار الحرج .

4- تكون تقديرات زمن النشاط في الشبكات العشوائية CPM محكومة بأهواء وميول من يقدرها، فالشخص القائم بعملية التقدير قد يكون متفائلاً ، فيقدم تقديرات لزمن النشاط ليكون قصيراً، أو قد يقدم تقديرات تكون فيها أزمنة النشاط مطولة عندما يكون متشائماً.

5- يخضع زمن النشاط إلى توزيع Beta الاحتمالي بتباين زمن المشروع الذي يفترض أنه يساوي مجموع التباينات على المسار الحرج ، لقد اختبر توزيع Beta فتم التوصل إلى:[4]

أ – صيغ الوسط والتباين في توزيع بيتا في الواقع معدلة، ومن المتوقع أنها تقود إلى أخطاء مطلقة بدرجة 10% لأجل القيمة المتوقعة و 5% لأجل التباينات المستقلة.

---

(1) Gaither ,Norman, ,(1992),"Production And Operation Management",P799مرجع سابق.

(2) المرجع السابق، ص799.

(3) Richard, close& Nicholos j. Aquilino,(1995),"Production and Operation Management", manufacturing and services ,Irwin /McGraw-Hill ,7th.ed.,U.S.A.,P491.

(4) المرجع السابق ،ص 491.

ب- للتوزيعات التي يمكن أن يخضع لها زمن النشاط خواص محددة، فيمكن أن يخضع الزمن لها بالخواص نفسها ولكن بتباينات ومتوسطات مختلفة.

ج- يمثل الحصول على ثلاثة تقديرات زمنية صحيحة لوضع الصيغة مسألة عملية ، فمن الصعب غالباً الوصول إلى تقدير زمن نشاط واحد ، فمثلاً إذا أخذ في الحسبان ثلاثة تقديرات وتحديدات موضوعية لـ a , b لا يساعد هذا على إعطاء تقدير واحد فقط .

1-3-5- المقارنة بين CPM وPERT :

نخلص من خلال ما تقدم وعُرِضَ عن شبكات الأعمال التقليدية إلى المقارنة التالية :

1-3-5-1- أوجه الشبه بين CPM وPERT:

تتمثل نقاط التشابه بين CPM وPERT بالنقاط التالية :

1-ترى CPM وPERT أن جميع أنشطة المشروع وأحداثها أكيدة، مما يجعل بنية الشبكة لكل منهما محددة .

2-يَستَخدِمان الأنظمة التالية في رسم شبكة عمل المشروع AON،AOA والمختلط .

3-يُستَخدَمان في جدولة و تخطيط ورقابة المشروعات، أي لأداء الوظائف الإدارية نفسها .

4- تؤكد دراسات كثيرة أن النتائج التي يتم الحصول عليها من كليهما متقاربة.

5- يتم ضغط الشبكة من خلال زيادة أوقات العمل وحجم العمالة و تخصيص موارد إضافية للمشروع .

6- كلاهما يرى أن أنشطة المشروع واضحة ،أي لها نقاط بداية و نهاية محددة ، كما أن هذه الأنشطة مستقلة فيما بينها .

1-3-5-2- أوجه الاختلاف بين CPM, PERT :

تكمن أوجه الاختلاف في النقاط الآتية :

1- تعدُّ CPM الزمن مقداراً ثابتاً، بينما ينظر إليه في PERT على أنه متغير عشوائي مستمر يخضع لتوزيع احتمالي معين .

2- تستخدم CPM تقديراً واحداً للزمن ،حيث يتم تقدير الزمن في ظروف التأكد، بينما يستخدم PERT ثلاثة تقديرات للزمن (المتشائم ، المتفائل، الأكثر احتمالاً) من أجل تقدير الزمن المتوقع لإنجاز كل نشاط في ظروف تتسم بعدم التأكد .

3- إن CPM غير ملائمة لواقع المشروعات الجديدة لعدم توفر البيانات عنها، و خصوصاً تلك المشروعات التي تتسم بنوع من عدم التأكد و المخاطرة ،مما يجعل PERT أكثر واقعية و ملائمة لواقع تلك المشروعات.

4- من خلال المؤشرات التي تحسب للمشروع و للأنشطة نحصل على معلومات عن المشروع في PERT أكثر منه في CPM، نظراً لكثرة المؤشرات المحسوبة .

5- يتم ضغط شبكة CPM باستخدام البرمجة الخطية المحددة ، بينما تستخدم البرمجة الخطية المقيدة احتماليا CCLPفي ضغط شبكة PERT .

6- تُستخدم CPM في إدارة المشروعات الخاصة بالإنشاء والتشييد ،تلك المشروعات التي تستخدم مواد نمطية تعتمد على تكنولوجيا ثابتة، و بالتالي لا تتعرض لدرجة كبيرة جداً من التغير. بينما تُستخدم PERT في مجالات البحوث و التطوير و خاصة صناعة الفضاء،و تلك الصناعات الحديثة التي تتميز منتجاتها بدرجة عالية من التغير من فترة إلى أخرى .

نشير أخيراً إلى أننا سنطبق نظامPERT في وضع الخطة الزمنية لرحلات سفن الشركة العامة للنقل البحري، حيث تتسم الرحلة (المشروع المدروس) بنوع من المخاطرة وعدم التأكد الناتج عن تأثير الظروف الجوية المختلفة، و المتمثل بالارتفاع الكبير في درجات الحرارة،و الذي يقود إلى إحداث حرائق في السفينة وفي البضاعة حسب نوعيتها،ولا ننسى تأثير العواصف والجبال الجليدية التي قد تعترض السفينة أثناء رحلتها ،حيث تؤثر في توازنها مما يحدث تأخيراً أو كوارث مادية وبشرية ،وخصوصاً أن تلك السفن ليست سفناً خطية تعمل على الخط الملاحي نفسه وتنقل الكمية نفسها من البضاعة المشحونة،حيث تكون خرائط المناخ موضوعة بدقة لخط سيرها الملاحي، وذلك لأن رحلات السفن الخطية ثابتة ومكررة.

الفصل الثاني

نماذج شبكات الأعمال الحديثة

المبحث الأول

التخطيط الشبكي ونظرية المجموعات الضبابية

Network Planning & Fuzzy Sets Theory

تمهيد:

لم تعالج نماذج شبكات الأعمال التقليدية عموماً، ومنهج PERTالإحصائي بشكل خاص مسألة عدم التأكد المرافق لأزمنة أنشطة المشروع، رغم أن نموذج PERTالتقليدي يعتمد على معلومات ذات طبيعة احتمالية، إلا أن الزمن اللازم لإنجاز أي نشاط يبقى غير معلوم أو مؤكد، أي تبقى هناك حالة من عدم التأكد تستلزم ضرورة استخدام الطريقة الاحتمالية، وذلك على قاعدة أنّ زمن النشاط يعدّ متغيراً عشوائياً مستمراً، يخضع لتوزيع احتمالي معين بوسيطين (قيمة متوقعة وانحراف معياري) يسمحان بحساب معامل الاختلاف الذي يعد مقياساً لعدم التأكد.

إن تقديرات النظرية الاحتمالية لمتغير الزمن هي تقديرات غير مؤكدة نظراً لإهمالها العوامل النوعية المؤثرة في عامل الزمن (الظروف الجوية المحيطة بعملية تنفيذ النشاط، عوامل الخبرة والمهارة اليدوية والعملية التي تتمتع بها الموارد البشرية المنفذة للمشروع والمشرفة عليه، جودة الموارد الأخرى المستخدمة في عملية التنفيذ، كالآلات والمعدات وكفاءة أدائها.....الخ). ولكي تكون هذه التقديرات موضوعية وجيدة، يتم اشراك تأثير العوامل النوعية السابقة على متغير الزمن باستخدام نظرية المجموعات الضبابية.

لم يقتصر استخدام نظرية المجموعات الضبابية على تقدير مؤشرات التوزيع الاحتمالي، بل تعداها إلى تقديم برنامج زمني يُعتمد عليه في تنفيذ خطة المشروع، ويمكن من خلاله تحديد زمن المشروع الضبابي.وتدعى شبكة العمل المحللة زمنياً باستخدام نظرية المجموعات الضبابية الشبكة الضبابية /FNET/ Fuzzy Network التي تكون مساراتها واضحة وعلاقات الأسبقية بين أنشطتها معروفة،ولكن أنشطتها غير واضحة ، قد ينفذ النشاط كاملاً أو جزئياً أو يبقى دون تنفيذ،أي هناك غموض حول كل نشاط ، مما يجعل زمن النشاط غير واضح وضبابي .

نسعى من خلال هذا المبحث إلى توضيح الاستخدامين التاليين لنظرية المجموعات الضبابية في التخطيط الشبكي وهما:

ـــ تحليل شبكة PERTباستخدام تقديرات نظرية المجموعات الضبابية.

ـــ الجدولة الزمنية لمشروع ذي أنشطة ضبابية.

2-1-1- مفهومات ضبابية:

قبل الحديث عن محوري المبحث المذكورين أعلاه، نعرض مجموعة المفهومات الضبابية التالية:

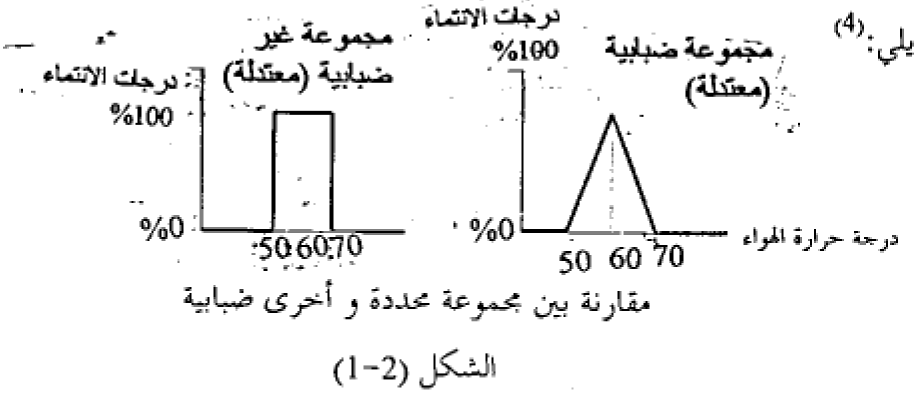
2-1-1-1- الضبابية Fuzzyness:

تعني الضبابية الغموض وعدم الوضوح، وهي نوع من عدم التأكد المتعلق بالكائنات البشرية، وفي علم الإدارة التقليدية والهندسة تعني عدم التأكد الاحتمالي ذي الصفة العشوائية، ولكن من وجهة نظر النظرية الضبابية هي عدم تأكد المعاني ووصف الأشياء مثل: ممتاز،كبير، صغير، جيد، مرتفع، ....الخ، فالضبابية مفهوم واسع يتضمن عدم التأكد الشرطي.[1]

2-1-1-2- المجموعة الضبابية Fuzzy Set:

"قدمت نظرية المجموعات الضبابية للتكيف مع صفة الغموض والإبهام في النظم البشرية، ولتخفيض الاحتياج إلى مدخلات كمية دقيقة عند تحليل القرار. هذا وتعرّف المجموعة الضبابية بأنها مجموعة من العناصر Objects التي ليس لها حدود فاصلة دقيقة تعزلها أو تميزها عن غيرها من العناصر التي لا تنتمي إليها".[2]

تعد المجموعة الضبابية تطوراً واسعاً للمجموعة المحددة Crisp Set التي تعدّ انتماء العنصر إليها كلياً أي له درجة انتماء مساوية للواحد وخلاف ذلك فإن العنصر لا ينتمي إلى المجموعة، وتكون درجة انتمائه معدومة "،بينما في المجموعة الضبابية فإن لكل عنصر درجة انتماء تتراوح بين الصفر والواحد"[3]،ويقارن الشكل (2-1) بيانياً بين المجموعتين المحددة والضبابية (لدرجة حرارة الهواء المعتدلة مثلاً) كما يلي:[4]



مقارنة بين مجموعة محددة و أخرى ضبابية

الشكل (2-1)

---

[1] ASIA ,k.(1995),Fuzzy Systems for Management, ohm-sha ,IOS Press , Nether land P13-14 .

[2] بركات،خالد سعيد(2000):"مدخل النظرية الضبابية لدعم قدرة متخذ القرار على الاستفادة من المعلومات المحاسبية، مجلة البحوث التجارية ،كلية التجارة ،جامعة الزقازيق ،العدد الثاني ،الجزء الأول ،المجلد 22، يوليه، ص188.

[3] Lang Ford, D.A.& A. Retake-(1999)-The Organization and management of Contraction , P108,مرجع سابق.

[4] KOSKO, B.-(1997)-Fuzzy Engineering-Prentice- Hall, Inc. U.S.A, P9.

تكتب المجموعة الضبابية A بالشكل التالي:

$$A = \{x_1|\mu_{a(x_1)}, x_2|\mu_{a(x_2)}, x_3|\mu_{a(x_3)}, \ldots\ldots, x_i|\mu_{a(x_i)}, \ldots\ldots, x_n|\mu_{a(x_n)}\} \qquad (1-2)$$

حيث أن:

x_i: عناصر المجموعة الضبابية A ، $i = 1,2,3\ldots\ldots n$.

$\mu_{a(x_i)}$: درجة انتماء العنصر x_i إلى المجموعة الضبابية A متغير عشوائي، والتي تقدر بالاعتماد على الخبرة الشخصية للباحث نفسه أو بالاستعانة بخبراء متخصصين في مجال عمل المشروع، حيث تعدل هذه الدرجة بتكرار استخدام هذه الطريقة في المشروعات المتشابهة، حيث أن: $\mu_{a(x_i)} \in [0,1]$ وعندما تكون :

$\mu_{a(x_i)} = 0$ فإن العنصر x_i لا ينتمي إلى المجموعة A ،ولا يتمتع بالخاصة المدروسة مطلقاً.

$\mu_{a(x_i)} = 1$ فإن العنصر x_i ينتمي إلى المجموعة A بدرجة انتماء تام، أي أن العنصر يملك الخاصة المدروسة والممثلة بالمجموعة A بشكل مطلق.

$0 \langle \mu_{a(x_i)} \langle 1$ فإن العنصر x_i ينتمي إلى المجموعة A بدرجة انتماء جزئي، حيث يملك العنصر الصفة بشكل نسبي.

إذا كان X متحولاً منقطعاً فإن درجات الانتماء للعناصر x_i إلى المجموعة الضبابية A هي متغير عشوائي منقطع أيضاً، عندئذ توصف المجموعة A بأنها مجموعة ضبابية منقطعة.وكمثال على مجموعة ضبابية منقطعة، نوضح كيف يمكن تحويل التعبير اللغوي الذي يصف متغيراً نوعياً إلى مجموعة ضبابية منقطعة كما يلي:

نفرض أن المتغير النوعي X هو مستوى خبرة اليد العاملة المستخدمة في تنفيذ النشاط، يمكننا أن نصف ذلك المتغير بخمسة تعابير وصفية هي: ممتاز، جيد، وسط، ضعيف، معدوم. وكل تعبير لغوي هو مجموعة ضبابية تمثل صفة معينة تحوي عناصر بدرجات انتماء ضبابية، فعندما تكون $x = 1$ فالخبرة عالية والعامل يستحق الدرجة10 من 10، بينما تشير $x = 0$ إلى الخبرة المعدومة. وإذا جزأنا مجال الخبرة إلى أجزاء كل منها0.1، يمكننا أن نكتب المجموعة الضبابية الخاصة بكل تعبير لغوي، فمثلاً التعبير اللغوي مستوى خبرة ممتاز يُمثل بمجموعة ضبابية كما يلي:

$$A = \{x_1 = 1|\mu_{a(x_1)} = 1, x_2 = 0.9|\mu_{a(x_2)} = 0.9, x_3 = 0.8|\mu_{a(x_3)} = 0.7, x_4 = 0.7|\mu_{a(x_4)} = 0.5, x_5 = 0.6|\mu_{a(x_5)} = 0.1,$$
$$x_6 = 0.5|\mu_{a(x_6)} = 0, x_7 = 0.4|\mu_{a(x_7)} = 0, x_8 = 0.3|\mu_{a(x_8)} = 0, x_9 = 0.2|\mu_{a(x_9)} = 0, x_{10} = 0.1|\mu_{a(x_{10})} = 0, x_{11} = 0|\mu_{a(x_{11})} = 0\}$$

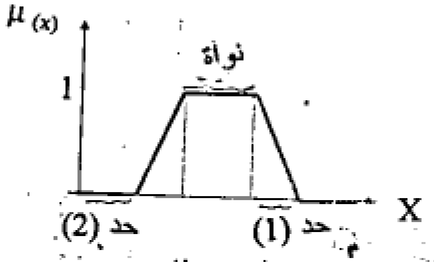
وتكتب هذه المجموعة اختصاراً كما يلي:

A={1/1 , 0.9/0.9 , 0.8/0.7 , 0.7/0.5, 0.6/0.1}

وهكذا بالنسبة إلى كل تعبير لغوي يصف مستوى خبرة العمالة، حيث نحصل على خمس مجموعات ضبابية جزئية ممثلة للتعابير الوصفية السابقة، يمثل اجتماع هذه المجموعات المجموعة الضبابية الشاملة X التي تحوي العناصر جميعها بدرجات انتماء غير صفرية.

وهنا نشير إلى أن القيم المنقطعة التي يأخذها المتحول العشوائي الدال على الظاهرة (خبرة عمالة عالية) تقع ضمن المجال [0-1]، لكن هذا لا يعني أنه متحول مستمر لأنه يأخذ قيماً كسرية محددة 0.7,0.8,0.9 ... الخ،دون إمكانية أن يأخذ أية قيمة بين هذه القيم.

أما إذا كان العنصر متحولاً مستمراً، فإن درجات الانتماء تُمثل بتابع يعرّف عادة باسم تابع الانتماء المستمر للمجموعة الضبابية، الذي يتألف من نواة وحدين، حيث تمثل النواة المجال الذي يحوي العناصر ذات درجات الانتماء التام للمجموعة المستمرة A أي $\mu_{a(x_i)} = 1$ ، بينما يمثل حدا التابع المجالين اللذين يحويان عناصر بدرجات انتماء جزئي $0 \langle \mu_{a(x_i)} \rangle 1$ كما يوضح الشكل التالي:



تابع الانتماء المستمر للمجموعة الضبابية

الشكل (2-2)

يأخذ تابع الانتماء لـ X المستمر نماذج مختلفة أهمها: الرقم الضبابي Fuzzy Number الذي يختلف عن المجموعة الضبابية الموصوفة بالطبيعية Normality، التي تفترض بأن عنصراً واحداً على الأقل من عناصرها له درجة انتماء كلي إلى المجموعة، بينما تمثل المجموعة الضبابية المحدبة نظامياً (قياسياً) Normalized ذات تابع انتماء مستمر"الرقم الضبابي".

يمكن القول باختصار إن الرقم الضبابي "هو مجموعة ضبابية مستمرة تمتاز بصفتي التحدب والنظامية ، فيدل التحدب على وجود نقطة ذروة وحيدة للتابع، في حين تضمن النظامية وجود عنصر واحد على الأقل في المجموعة بدرجة انتماء كلي".[1]

بالإضافة إلى ما سبق، يأخذ تابع الانتماء المستمر الممثل للأرقام الضبابية أشكالاً متباينة،و تعد الأرقام الضبابية الممثلة بمنحني انتماء بشكل شبه منحرف أو مثلث من أهم التقريبات الخطية لها.

[1] Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-1996-"Project-Network Analysising Using Fuzzy Sets Theory", p308-309 مرجع سابق .

"وتستخدم الأرقام الضبابية المثلثية وشبه المنحرف بشكل شـــائع لتمثيـــل أزمنـــة تنفيـــذ النشـــاط في المشروع".[1] " وقد يمثل الرقم الضبابي بمنحنى انتماء بشكل شـــبه منحـــرف Trapezoidal Fuzzy/ Number/(TFN) برباعي (a,b,c,d)."[2] حيث أن:

a: الحد الأدنى للمجال الممثل لحد التابع الأيسر.

b: الحد الأدنى للمجال الممثل لنواة التابع.

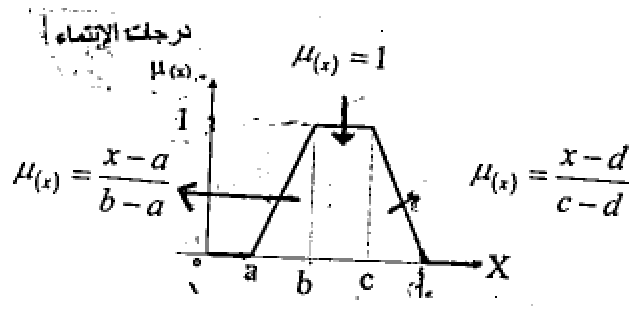
c: الحد الأعلى للمجال الممثل لنواة التابع.

d: الحد الأعلى للمجال الممثل لحد التابع الأيمن.

نفترض X متغيراً عشوائياً يدل على وجود قيمة ما بين d,a، فيعرّف تابع الانتماء لـــه:[3]

$$\mu_{(x)} = \begin{cases} \dfrac{x-a}{b-a} & a \langle x \langle b \\ 1 & b \le x \le c \\ \dfrac{x-d}{c-d} & c \langle x \langle d \\ 0 & otherwise \end{cases} \qquad (2\text{-}2)$$

تعبر مقادير الانتشار اليساري والانتشار اليميني والمستوى المتوسط عن درجة عدم التأكد لكـــل رقم ضبابي ممثل بمنحنى انتماء بشكل شبه منحرف (TFN) والموضح بيانياً في الشكل(2–3) التالي:



رقم ضبابي ممثل بمنحنى انتماء بشكل شبه منحرف(TFN)

الشكل (3-2)

---

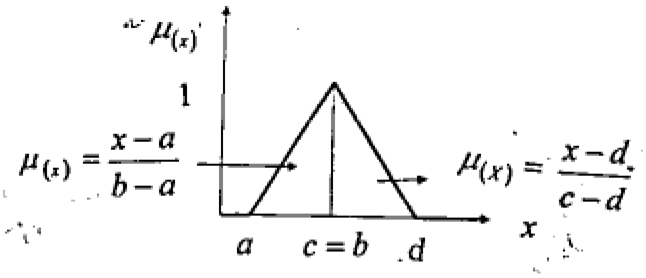
[1] Leu, Sou-Sen and others-(2001)-: AGA-based Fuzzy Optimal model for construction time cost tradeoff, International journal of project Management 1.(2001), P49. www.elsevier.com/locate/jproman

[2] Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-(1996)-Project Network Analysis Using Fuzzy Sets theory-P309, مرجع سابق.

[3] المرجع السابق،ص 309.

أما الرقم الضبابي الممثل بمنحني انتماء بشكل مثلث فهو حالة خاصة من حالة شبه المنحرف،حيث b=c ،فيصبح تابع الانتماء لـــ X الموضح بيانياً في الشكل (2-4)،والذي يأخذ الصيغة التالية :

$$\mu_{(x)} = \begin{cases} \dfrac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ 1 & x = c = b \\ \dfrac{x-d}{c-d} & c < x < d \\ 0 & otherwise \end{cases} \qquad (3\text{-}2)$$



رقم ضبابي ممثل بمنحني انتماء بشكل مثلث

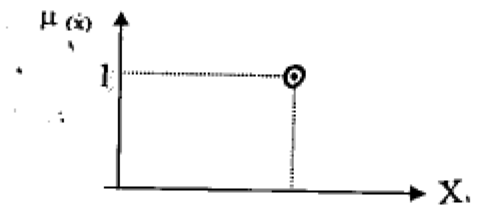
الشكل (2−4)

يمكننا مما تقدم أن نصوغ التعريف التالي للمجموعة الضبابية:

" هي مجموعة من العناصر تتمتع بخصائص معينة،و تنتمي هذه العناصر إلى المجموعـــة بـــدرجات انتماء تتراوح بين 1,0، وذلك بناءً على درجة وجود الصفة (الخاصة) في العنصر".

كما نخلص إلى المقارنة التالية بين المجموعة الضبابية والمجموعة المحددة:

المجموعة المحددة	المجموعة الضبابية
1. تحوي عدداً من العناصر المتمتعة بخاصة ما.	1. تحوي عدداً من العناصر المتميزة بخاصة ما.
2. للعنصر درجة انتماء كلية أو معدومة.	2. للعنصر درجة انتماء تقع ضمن المجال [1-0].
3. تابع الانتماء من الشكل التالي:	3. يأخذ تابع الانتماء الشكل التالي:
$\mu_{(x)} = \begin{cases} 1 & \text{حيث x يتمتع بالخاصة.} \\ 0 & \text{حيث x لا يتمتع بالخاصة.} \end{cases}$	$\mu_{(x)} = \begin{cases} 1 & \text{يتمتع X بالخاصة بشكل مطلق.} \\ 0 < \mu_{(x)} < 1 & \text{يتمتع X بالخاصة بشكل نسبي.} \\ 0 & \text{لا يتمتع X بالخاصة مطلقاً.} \end{cases}$

4. الشكل البياني لتابع الانتماء كما يلي: 	4. يأخذ تابع الانتماء أشكالا بيانية متعددة أهمها شكل شبه المنحرف، شكل المثلث الواضحان في الشكلين رقم (2-3)و(2-4) على التوالي.
5. ليس لها أنواع.	5. لها نوعان: منقطعة أو مستمرة(رقم ضبابي).
6. يمكن أن ينتمي العنصر لأكثر من مجموعة جزئية محددة بدرجة انتماء كلية.	6. يمكن أن ينتمي العنصر إلى أكثر من مجموعة ضبابية جزئية ولكن بدرجات انتماء مختلفة.
7. المجموعة المتممة لمجموعة جزئية محددة لا تحوي عناصر المجموعة التي تتممها، وإنما تحوي جميع عناصر المجموعة الشاملة الأخرى دون عناصر المجموعة الجزئية التي تتممها.	7. المجموعة المتممة (المرافقة) لمجموعة جزئية ضبابية تحوي عناصر المجموعة الجزئية الضبابية نفسها، ولكن بدرجات انتماء متممة لدرجات انتماء العناصر الى المجموعة الجزئية الضبابية.
8. تقاطع مجموعة جزئية مع متممتها هو مجموعة خالية.	8. تقاطع مجموعة جزئية مع متممتها هو مجموعة جزئية ضبابية لها العناصر نفسها، ولكن بأدنى درجات انتماء لتلك العناصر في المجموعتين.
9. اجتماع مجموعة جزئية مع متممتها هو المجموعة الشاملة.	9. اجتماع مجموعة جزئية مع متممتها هو مجموعة جزئية ضبابية لها العناصر تفسها،ولكن بأكبر درجات انتماء لتلك العناصر في المجموعتين.

2-1-2- العمليات على المجموعات الضبابية المنقطعة:

تجرى على المجموعات الضبابية عمليات التقاطع والاجتماع وحساب المجموعة المرافقة لمجموعة ضبابية كما يلي:

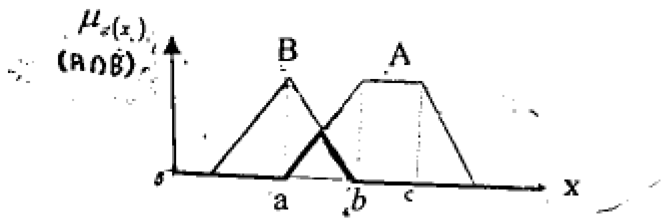
أ–التقاطع / Intersection / :تقاطع مجموعتين ضبابيتينB,A الجزئيتين من المجموعة الشاملة X هو مجموعة ضبابية تحوي عناصرB,A بدرجات انتماء تحقق العلاقة التالية:[1]

$$\mu_{(A\ and\ B)} = Min(\mu_{(A)}, \mu_{(B)}) \qquad (4\text{-}2)$$

لتوضيح هذه العملية بيانياً ،نفترض أن المجموعة الضبابية (A)تمثل التعبير الرياضي الدال على أن قيمة المتحول Xتقع بين القيمتين c,bأي: $b< x <c$ (متراجحة مزدوجة)،أي ضمن مجال ضبابي،و لها

(1) KOSKO, B.,-(1997)- Fuzzy Engineering" ,P18, مرجع سابق .

تابع انتماء بشكل شبه منحرف كما ورد في الشكل (3-2) ،وتمثل المجموعة الثانية (B)القيمة التقريبيــة (a)التي يمكن أن يأخذها المتغير X،حيث b>a ،و لها تابع انتماء في شكل مثلث كما يوضح الشــكل (4-2)سابقاً.يمكننا أن نمثل عملية التقاطع بين B,Aبيانياً كما في الشكل (5-2)التالي:



(A and B)

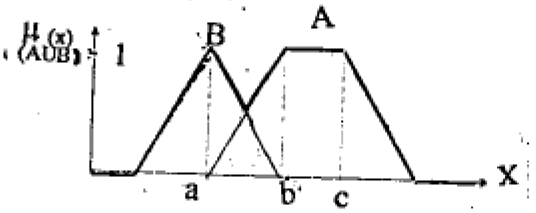
الشكل (5-2)

ب –الاجتماع / Union / :

اتحاد مجموعتين ضبابيتين A,B الجزئيتين من المجموعة الشــاملة X هــو مجموعــة ضــبابية لهــا عناصر(B,A) بدرجات انتماء يحددها التابع التالي:[1]

$$\mu_{(AORB)} = Max\ (\mu_{(A)}, \mu_{(B)}) \qquad (5-2)$$

تمثل هذه العملية بيانياً كما في الشكل (6-2) التالي:



(A OR B)

الشكل (6-2)

ج– المجموعة المرافقة لمجموعة ضبابية:

هي مجموعة ضبابية لها عناصر المجموعة الأساسة نفسها والتي تكملها ولكن بدرجات انتمــاء مختلفة تحسب من العلاقة التالية:[2]

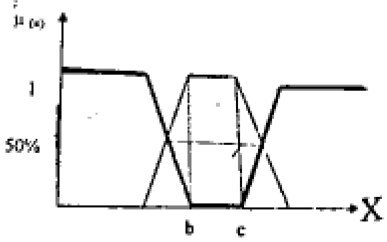
$$\mu_{\bar{a}(x_i)} = 1 - \mu_{a(x_i)} \qquad (6-2)$$

[1] KOSKO, B.,-(1997)- Fuzzy Engineering" ,P18, مرجع سابق .

[2] المرجع السابق,P18 .

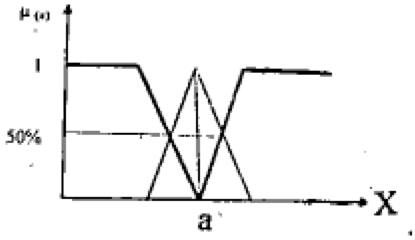
حيث: $\mu_{\bar{a}(x_i)}$ درجة انتماء العنصر إلى المجموعة المرافقة $\bar{A}$.

ويوضح الشكلان البيانيان التاليان تابعي الانتماء بيانياً للمجموعتين المرافقتين $\bar{B},\bar{A}$ [1]:



المجموعة الضبابية $\bar{A}$

الشكل (2-7)



المجموعة الضبابية $\bar{B}$

الشكل (2-8)

2-1-3-العلاقة الضبابية : / Fuzzy Relation /

إذا كانت A مجموعة ضبابية جزئية من المجموعة الشاملةX،وكانتBمجموعة ضبابية جزئية من المجموعة الشاملة Y، فإن العلاقة الضبابية R بين B,A تمثل الجداء الديكارتي لهما(A×B) والذي له تابع انتماء من الشكل التالي[2]:

$$\mu_{A\times B}(x_i,y_j)=\mu_R(x_i,y_j)=\mu_a(x_i)\wedge\mu_b(y_i) \qquad (2\text{-}7)$$

حيث أن:

$R(x_i,y_j)$: علاقة ضبابية بين المتغيرين.Y,X.

$\wedge$: يشير هذا الرمز إلى القيمة الدنيا.

كما أن : $i=1,2,3,\ldots\ldots n$ ، $j=1,2,3,\ldots\ldots m$.

تشيرالقيم $\mu_{A\times B(x_i,y_j)}$ إلى درجة انتماء الزوج (x_i,y_j) إلى الجداء الديكارتي ويعبر عن R بشكل مصفوفي كما يلي:

[1] KOSKO, B.,-(1997)- Fuzzy Engineering" ,P9, مرجع سابق .

[2] ASAI,K.(1995):Fuzzy Systems For Management P16 , مرجع سابق.

B

$R = A \times B$

A

	y_1	………	y_j	………	y_m
x_1	$\min(\mu_{a(x_1)}, \mu_{b(y_1)})$	---	$\min(\mu_{a(x_1)}, \mu_{b(y_j)})$	---	$\min(\mu_{a(x_1)}, \mu_{b(y_m)})$
$\vdots$	------------		------------		------------
x_i	$\min(\mu_{a(x_i)}, \mu_{b(y_1)})$	---	$\min(\mu_{a(x_i)}, \mu_{b(y_j)})$	---	$\min(\mu_{a(x_i)}, \mu_{b(y_m)})$
x_n	$\min(\mu_{a(x_n)}, \mu_{b(y_1)})$	---	$\min(\mu_{a(x_n)}, \mu_{b(y_j)})$	---	$\min(\mu_{a(x_n)}, \mu_{b(y_m)})$

يمكننا إجراء العمليات السابقة على العلاقات الضبابية نفسها باستخدام المعادلات التالية[1]:

$$\overset{n}{\underset{K=1}{U}} R_K(x_i, y_j) = \overset{n}{\underset{K=1}{\vee}} \left[\mu_{R_K}(x_i, y_j)\right] \qquad (8\text{-}2)$$

حيث : $\overset{n}{\underset{K=1}{U}} R_K(x_i, y_j)$: اجتماع العلاقات الضبابية التي عددهاn بين العناصر Y,X.

$\vee$: يشير هذا الرمز إلى القيمة العظمى.

$\mu_{R_K}(x_i, y_j)$: درجة انتماء الزوج (x_i, y_j)إلى العلاقة الضبابيةK، حيث K=1,2,.....n .

$$\overset{n}{\underset{K=1}{\cap}} R_K(x_i, y_j) = \overset{n}{\underset{K=1}{\wedge}} \left[\mu_{R_K}(x_i, y_j)\right] \qquad (9\text{-}2)$$

حيث أن: $\overset{n}{\underset{K=1}{\cap}} R_K(x_i, y_j)$: تقاطعn علاقة ضبابية بين العناصر Y ,X.

$\wedge$: يشير إلى القيمة الدنيا.

كما أن العلاقة المرافقة لعلاقة ضبابية لها تابع انتماء من الشكل:

$$\mu_{\bar{R}}(x_i y_j) = 1 - \mu_R(x_i, y_j) \qquad (10\text{-}2)$$

2-1-4- التركيب الضبابي: Fuzzy Composition

هوعلاقة ضبابية ناتجة عن تركيب علاقتين ضبابيتين، فإذا كان لدينا:

A مجموعة ضبابية جزئية من المجموعة الشاملةX.

B مجموعة ضبابية جزئية من المجموعة الشاملةY.

[1] ASAI,K.(1995):Fuzzy Systems For Management ,p58,مرجع سابق.

C مجموعة ضبابية جزئية من المجموعة الشاملة Z .

R العلاقة الضبابية بين B,A.

T علاقة ضبابية أخرى بين C,B.

عندئذ تكون العلاقة الضبابية بين C,A هي التركيب الضبابي لـ T,R ،حيث يعبر عنها تابع الانتماء التالي:(1)

$$\mu_{TOR}(x_i, z_K) = \underset{y_j}{Max}\left[Min \quad \mu_R(x_i, y_j), \mu_T(y_j, z_K)\right] \qquad (11\text{-}2)$$

حيث : $\mu_{TOR}(x_i, z_K)$: تشير إلى درجة انتماء الزوج (x_i, z_k) إلى التركيب الضبابي.

5-1-2- العمليات على الأرقام الضبابية:(2)

ليكن M و N رقمين ضبابيين ممثلين بتابع انتماء بشكل شبه منحرف TFN كما يلي: $M = (a_1, b_1, c_1, d_1)$ ، $N = (a_2, b_2, c_2, d_2)$.

فإذا كان: $M \subseteq N$ فإن: $\mu_{M(x)} \le \mu_{N(x)}$.

يمكننا أن نجري العمليات على (M,N) الموضحة بالمعادلات التالية :

$$M \oplus N = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2) \qquad (12\text{-}2)$$

$$M \ominus N = (a_1 - d_2, b_1 - c_2, c_1 - b_2, d_1 - a_2) \qquad (13\text{-}2)$$

يتضح لاحقاً تفسير سبب اختلاف الطرح الضبابي عن الطرح التقليدي.

$$M\tilde{a}x(M, N) = [\vee(a_1, a_2), \vee(b_1, b_2), \vee(c_1, c_2), \vee(d_1, d_2)] \qquad (14\text{-}2)$$

$$M\tilde{i}n(M, N) = [\wedge(a_1, a_2), \wedge(b_1, b_2), \wedge(c_1, c_2), \wedge(d_1, d_2)] \qquad (15\text{-}2)$$

$$M \cap N = \{x, \lfloor \mu_{M(x)} \wedge \mu_{N(x)} \rfloor\} \qquad (16\text{-}2)$$

حيث أن:

$\oplus$: عملية الجمع الضبابي .

$\ominus$: عملية الطرح الضبابي .

$\vee$: القيمة العظمى .

---

(1) ASAI,K. fuzzy systems for management.p58, مرجع سابق.

(2) Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-(1996)-Project Network Analysis Using. Fuzzy Sets theory,P309, مرجع سابق.

$\wedge$: القيمة الصغرى .

$M\tilde{a}x$: الرقم الضبابي الاعظمي .

$M\tilde{i}n$: الرقم الضبابي الاصغري .

6-1-2 - الزمن بوصفه مفهوماً ضبابياً : Time As Fuzzy Concept

تستخدم التواريخ والمدة الزمنية لتمثيل زمن تنفيذ الأنشطة والمشروع أثناء وضع الخطة الزمنية للمشروع، حيث يستخدم التاريخ للإشارة إلى نشاط مهم وأساس في المشروع كنهاية مرحلة من المراحل، بينما تعدّ المدة الزمنية تقديراً لـ : D_i زمن إنجاز النشاط رقم (i) في المشروع .

إن عدم التأكد في المشروع هو حاصل جمع عدد من درجات عدم التأكد في تواريخ إنجاز المراحل ومدد تنفيذ الأنشطة المؤثرة في أزمنة بدء وإنهاء أنشطة المشروع، وبالتالي على زمن المشروع. لمعالجة عدم التأكد الناتج عن التواريخ والمدد الزمنية التي تعدّ أزمنة محددة استخدمت الأزمنة الضبابية، ونستعرض فيما يلي كلاً من نوعي الأزمنة موضحين الفروق بينهما.

1-6-1-2- الأزمنة المحددة: Crisp Times

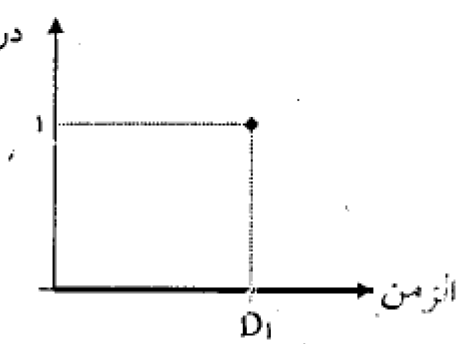
رأينا في الفصل الأول أن زمن النشاط يقدر بمدة زمنيةDuration،أي له قيمة واحدة محددة كما في CPM ،أو بمجال زمني كما في PERT التي تقدم في النهاية قيمة تقديرية واحدة أيضاً للزمن هي القيمة المتوقعة للتوزيع الاحتمالي الذي يخضع له زمن النشاط.

إن الأزمنة المعبر عنها باللحظات أو بالمجالات الزمنية (مغلقة أو مفتوحة من جهة واحدة) هي أزمنة محددة ،نظراً لأن متغير الزمن يمكن أن يأخذ قيمة ما ضمن المجال أو القيمة المحددة بشكل مؤكد، أي أن درجات الانتماء لهذه اللحظات ولكل قيمة من قيم المجال الزمني تساوي الواحد الصحيح (100%) ، وتكون معدومة في خلاف ذلك . فيكون لتابع الانتماء نواة فقط دون حدود ، حيث تمثل اللحظة الزمنية والمجال الزمني تلك النواة.

يكون المجال الزمني المستخدم في تمثيل الزمن مغلقاً أو مفتوحاً من جهة واحدة، "ففي ظروف عديدة ، يعلم المخطط بأن حدثاً معيناً سيقع قبل أو بعد تاريخ محدد ،أي يستخدم مجالات مفتوحة من جهة واحدة للتعبير عن الزمن"[1]، وعندما لا تساعده الظروف على تحديد القيمة الزمنية التي سيقع الحدث بعدها أو قبلها فيلجأ إلى استخدام المجال الزمني المغلق.

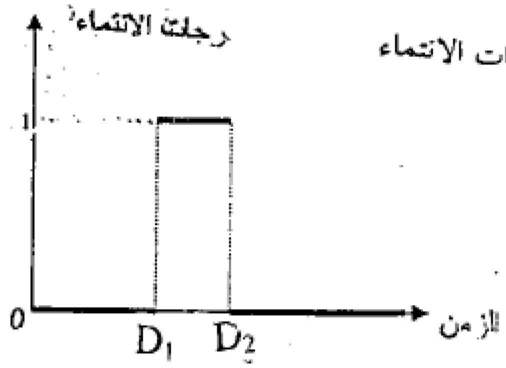
[1]Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-(1996)-Project Network Analysis Using Fuzzy Sets , p309 , مرجع سابق.

أصبح لدينا أنواع مختلفة من الأزمنة المحددة هي : قيمة واحدة، مجال مغلق، مجال مفتوح من اليمين،مجال مفتوح من اليسار،وهذه الأزمنة موضحة بالأشكال البيانية ذات(2-9)،(2-10)،(2-11)،(2-12) على التوالي[1] :



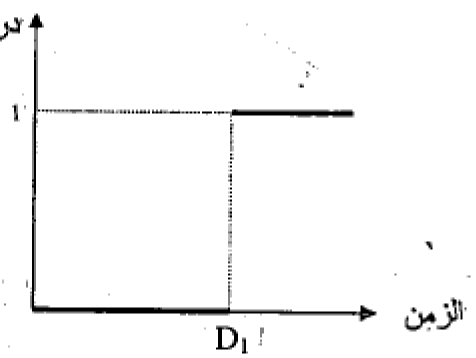
زمن محدد(قيمة محددة)

الشكل (2-9)



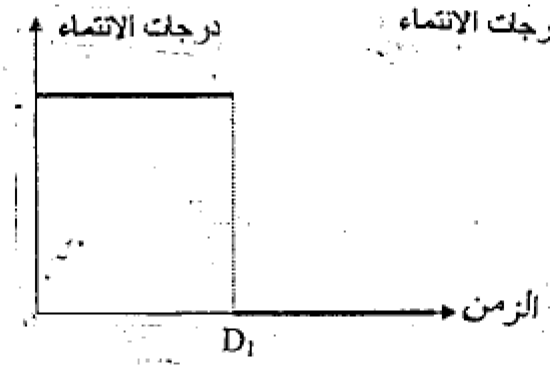
زمن محدد (مجال مغلق)

الشكل (2-10)



زمن محدد بمجال مفتوح من اليمين

الشكل (2-11)



زمن محدد بمجال مفتوح من اليسار

الشكل (2-12)

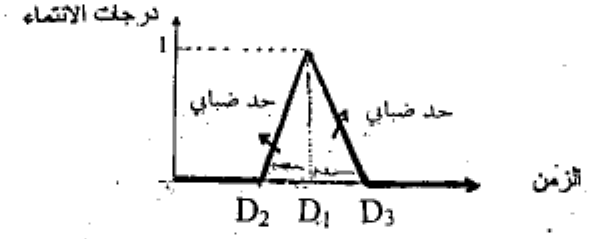
يشير الشكل (2-9) إلى أن تنفيذ النشاط سيكون ممكناً بالتأكيد خلال المدة الزمنية D_1 ومستحيلاً قبلها أو بعدها ، بينما يشير الشكل (2-10) إلى أن النشاط سينفذ بالتأكيد ضمن أية قيمة من قيم المجال الزمني $[D_1 - D_2]$ ويستحيل تنفيذه قبل D_1 أو بعد D_2 ، أما الشكل (2-11) فيشير إلى أن الزمن اللازم لتنفيذ النشاط سيأخذ بالتأكيد أي قيمة ضمن المجال $]D_1,+\infty[$، ويستحيل أن ينفذ قبل زمن قدره D_1،ويدل الشكل (2-12) على أن زمن النشاط بالتأكيد هو D_1 أو أي قيمة أقل منها ويستحيل أن يتجاوز D_1 .

[1]Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-(1996)-Project Network Analysis Using Fuzzy Sets , p310 , مرجع سابق.

2-6-1-2-الأزمنة الضبابية: **Fuzzy Times**

تشير الأزمنة المحددة إلى أن مدة تنفيذ نشاط ما ممكنة أو مستحيلة،نظراً لأن درجات الانتماء لعنصر الزمن إلى المجموعة حسب هذه الأزمنة المحددة هي (1)أو(0).

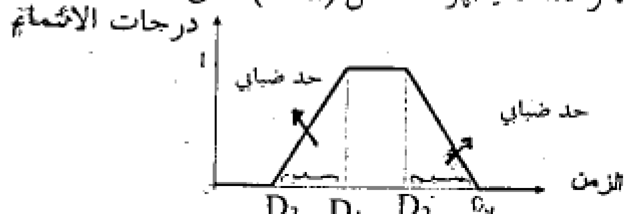
خصصت درجات انتماء لمتغير الزمن لتأخذ قيماً متناقصة من الواحد حتى الصفر بشكل يتحول معه الزمن من عنصر ينتمي إلى المجموعة إلى عنصر لا ينتمي إلى المجموعة،وبالتالي تتحول الأزمنة المحددة المشار إليها في الفقرة السابقة إلى أزمنة ضبابية من خلال فرض حدود للضبابية تمثل عدم التأكد في كل زمن محدد، فالزمن المحدد الموضح في الشكل (2-9) يصبح زمناً ضبابياً بإدخال حدين ضبابيين فيصبح توزيعاً مثلثياً يشير إلى أن زمن النشاط ممكن أن يكون بين D_2, D_3 مع قيمة أكثر حدوثاً هي D_1 كما في الشكل (2-13) التالي[1]:



زمن ضبابي ممثل برقم ضبابي مثلثي

الشكل (2-13)

يصبح الزمن المحدد (مجال مغلق) زمناً ضبابياً بإدخال حدين ضبابيين أيضاً، فيتغير الشكل البياني (2-10)إلى توزيع شبه منحرف مشيراً إلى أن القيم الأكثر إمكانية أن يأخذها متغير الزمن تقع ضمن المجال$[D_1 - D_2]$، أما القيم الأقل إمكانية فتنتمي إلى المجالين$]D_3 - D_1[$ و $]D_2 - D_4[$، "حيث تتناقص درجات إمكانية قيم الزمن باتجاه كل من D_4, D_3 حتى تصل إلى الصفر،وتكون القيم غير ممكنة أو مستحيلة قبل D_3 وبعد D_4 ، وهذا ما يظهره الشكل (2-14) التالي[2]:



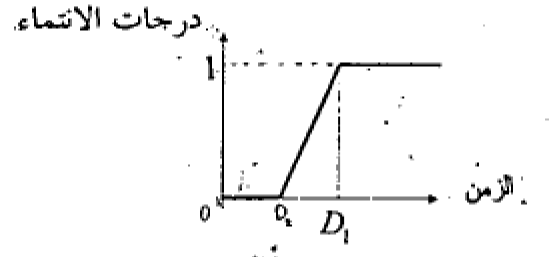
زمن ضبابي ممثل بشبه منحرف مغلق

الشكل (2-14)

(1)Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-(1996)-Project Network Analysis Using Fuzzy Sets p310. مرجع سابق

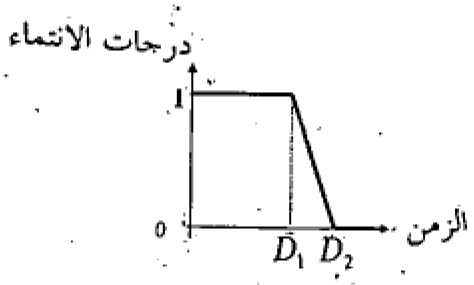
(2)المرجع السابق،ص310.

يتغير الزمن المحدد (مجال مفتوح) إلى زمن ضبابي بإدخال حد ضبابي واحد فقط ، فالزمن المحدد الموضح في الشكل (2-11) يصبح زمناً ضبابياً بإدخال الحد الذي يمثله المجال $]D_2 - D_1[$ ، ويدل بذلك على أن الزمن يأخذ قيماً ممكنة ضمن هذا المجال وتكون قيم الزمن ممكنة بالتأكيد ضمن المجال $[D_1,+\infty[$ ومستحيلة ضمن المجال $]-\infty, D_2[$، كما في الشكل (2-15)[1]، بينما يتم إدخال الحد الضبابي $]D_1 - D_2[$ إلى الزمن المحدد الموضح في الشكل (2-12) مشيراً إلى أن القيم الزمنية ممكنة ضمن هذا المجال ومؤكدة ضمن المجال $[0, D_1]$،ومستحيلة في خلاف المجالين السابقين كما في الشكل (2-16) التالي[2]:



زمن ضبابي ممثل بشبه منحرف مفتوح

الشكل (2-15)



زمن ضبابي ممثل بشبه منحرف قائم

الشكل (2-16)

2-1-7- تحليل شبكةPERT باستخدام تقديرات نظرية المجموعات الضبابية :

يعتمد نموذجPERT التقليدي على النظرية الاحتمالية في تحليله لعدم التأكد المرافق لزمن إنجاز أنشطة المشروع ، وذلك على قاعدة أن المدة الزمنية التي يستغرقها النشاط لينجز تمثل متغيراً عشوائياً يخضع لتوزيع احتمالي معين، غالباً توزيع β−PERT ، بقيمة متوقعة $\overline{D}$ وانحراف معياري σ يحسبان من العلاقتين (2-109)،(2-111) على التوالي، وتستلزم عملية إيجادهما تقدير المؤشرات(b: الزمن المتشائم، a : الزمن المتفائل،m : الأكثر احتمالاً . تتم عملية تقدير المؤشرات الثلاثة السابقة عادةً من قبل الخبراء والمتخصصين بمجال عمل المشروع، وبتوفر القيم التجريبية التي تتضمنها قاعدة بيانات، ولكن غالباً ما تكون هذه البيانات غير متوفرة، وإذا توفرت فإنها غير شاملة وغير دقيقة ولا تحوي جميع المتغيرات المستقلة Independent Variables المؤثرة في متغير زمن إنجاز أنشطة المشروع ، سواءً كانت هذه المتغيرات المستقلة متغيرات وصفية Qualitative Variables حيث تُستخدم التعابير اللغوية للتعبير عنها، أو متغيرات كمية.و في حال توفر هذه البيانات فإننا نكون قد حصلنا عليها من مشروعات مشابهة للمشروع الذي نريد وضع خطة زمنية له، لكننا نعلم أنه لا يوجد مشروعان متشابهان في

(1) Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-(1996)-Project Network Analysis Using Fuzzy Sets, P 310 ،مرجع سابق .

(2) المرجع السابق ص310.

الواقع، فالاعتماد على بيانات كهذه يقود إلى عدم التأكد وعدم الدقة في التقدير ، كما أن اللجوء إلى تقديرات الخبرة في حال عدم توفر البيانات يقودنا إلى عدم التأكد من جديد ،نظراً لأن هؤلاء الخبراء يستخدمون تعابير لغوية كثيرة أثناء تقدير المدد الزمنية للأنشطة . من أهم هذه التعابير (تقريبا، حوالي، أكثر، أقل، ممكن بين، غالبا بين، بحدود كذا ، على الأرجح، مستحيل أن يكون كذا، غير ممكن أن يكون كذا......الخ)، تتضمن هذه التعابير اللغوية نوعاً من الغموض والضبابية التي تدل على مجال من القيم وليس على قيمة محددة واحدة،وعدا عن هذا يكون لكل قيمة من قيم المجال المحتمل درجة ثقة متباينة عن الأخرى ، فإذا أخذت هذه القيم الاحتمالية ودرجات الثقة الموافقة لها في الحسبان، وتمت نمذجتها باستخدام أساليب غير اعتيادية، وذلك باستخدام نظرية المجموعات الضبابية ، يتم الحصول على تقديرات أدق من القيم المحددة بتعابير الخبراء التي تقود في حال الاعتماد عليها إلى حالة من عدم التأكد.

يؤدي عدم دقة التقديرات الإحصائية وتقديرات الخبرة إلى ارتكاب الأخطاء ، ونتائج حسابات غير دقيقة ، ومؤشرات خطة غير موثوق بقيمها، مما يجعل من تحليل شبكة PERT تحليلاً قاصراً غير مؤكد، نظراً لاعتماده على تقديرات غير دقيقة لا تتمتع بمعايير جودة التقدير ، وربما تكون خاطئة تقود إلى التأخير في تنفيذ المشروع وخسائر مادية ناجمة عنه متمثلة بـ :

- زيادة كلفة اليد العاملة والتكنولوجيا والمواد المستخدمة .
- تأخر الحصول على العائد المنتظر من المشروع والتدفق النقدي الذي يفترض أن يذهب لتسديد الالتزامات المادية التي تقع على عاتق الإدارة ، أو يدخر بغية استثماره لتوسيع المشروع،وتجديد الطاقات الإنتاجية في المستقبل .
- التزامات مالية إضافية ناتجة عن ارتفاع مستوى أسعار المواد المستخدمة في عملية التنفيذ ، ارتفاع أسعار صرف العملات الأجنبية ، ارتفاع سعر الفائدة على القروض المصرفية .
- التزامات مادية ناتجة عن تغيير القوانين والتشريعات الناظمة التي تشمل مجال عمل المشروع وتعيق عملية تنفيذه.

من المعلوم أن عملية تقدير قيمة متغير تابع غالباً ما تتم بالاعتماد على العوامل الكمية المستقلة المؤثرة فيه دون النظر في العوامل النوعية الأخرى المؤثرة فيه أيضاً. ورغم أن نماذج الانحدار Regression Models تأخذ تلك العوامل النوعية في الحسبان أثناء تقدير قيم متغير ما، إلا أنها تعمد إلى ترميزها ترميزاً رقمياً ثنائياً أو ثلاثياً بناءً على وجود الصفة المدروسة في العنصر أو عدم وجودها بشكل

مطلق، وليس على درجة وجودها، أي أن بناء نموذج الانحدار يعتمد على المنطق الثنائي الذي "يقوم بدوره على قاعدة تحقيق إحدى نتيجتين متنافيتين، إما خاطئة False أو صحيحة True".[1]

إن من أهم محددات هذا المنطق أنه يتعامل مع علاقات محدودة وواضحة وليست علاقات ضبابيةFuzzy Relations غامضة وغير مؤكدة، مما يجعله قاصراً عن وصف الواقع والأخذ بجميع البدائل الممكنة للمتغيرات النوعية .

لقد ولّد هذا القصور الحاجة إلى منطق جديد يتعامل مع نقص المعلومات وضبابيتها فكانت النتيجة ظهور المنطق الضبابي Fuzzy Logic ونظرية المجموعات الضبابية Fuzzy Sets Theory التي تعالج عدم التأكد المرافق للتقديرات الإحصائية بغض النظر عن الطريقة المستخدمة في عملية التقدير الإحصائي (نماذج انحدار، مقاييس نزعة مركزية، مقاييس تشتت، احتمالات......الخ). وسواء كانت هذه الطرائق تهمل العوامل النوعية أو تتناولها مستخدمة المنطق الثنائي. هذا وتكمن فائدة نظرية المجموعات الضبابية في أنها تمكن من وضع مقاييس رياضية للمصطلحات اللغوية التي تصف حالات المتغير النوعي لتستخدم في تقدير مؤشرات الظاهرة التي يؤثر فيها ذلك المتغير النوعي.

تمكنت نظرية المجموعات الضبابية التي أصبحت تستخدم أينما وجدت الحاجة للتقدير (رقابة جودة ضبابية، دراسات تسويقية، اتخاذ قرارات إدارية باستخدام البرمجة الخطية الضبابية، تقدير الإنتاجية، جدولة المشروعات زمنياً، تقدير مؤشرات نوع التوزيع الاحتمالية.......الخ)[2] من معالجة إخفاق النظرية الاحتمالية في تقديم تقديرات دقيقة لمتغير الزمن من خلال تعديل قيم مؤشرات التوزيعات الاحتمالية التي تخضع لها أزمنة أنشطة المشروع بالنظر إلى العوامل النوعية المذكورة سابقاً والمؤثرة في عامل الزمن، حيث يقود ذلك إلى تقديرات ذات ثقة جيدة وحسابات دقيقة ونتائج تحليل أقرب ما تكون إلى الواقع والظروف التي ستحيط بعملية التنفيذ.

2-1-7-1-تقدير مؤشرات التوزيع الاحتمالي باستخدام نظرية المجموعات الضبابية:

لتقدير $(\overline{D}_i, \sigma_i)$ للتوزيعات الاحتمالية التي تخضع لها أزمنة أنشطة المشروع بغية استخدامها في تحليل شبكة PERTتتبع ما يلي :

- نحلل المشروع تحليلاً هيكلياً بغية تحديد الأنشطة وعلاقات الأسبقية بينها لإعداد المخطط الشبكي الذي يوضح هذه العلاقات .

---

[1] الحميد ، محمد عبد الهادي وآخرون (1999): " المنطق الضبابي في اتخاذ القرارات ،المجلة العربية للعلوم الإدارية،جامعة الكويت ، المجلد السادس ، العدد الثاني ، ص215 .

[2] ASAI,K. fuzzy systems for management.p5,مرجع سابق .

- نقوم بتقدير المؤشرات a.b.m لكل نشاط من الأنشطة.
- نحدد العوامل النوعية المؤثرة في مدة تنفيذ كل نشاط من الأنشطة في المشروع. ونصنف كل عامل من العوامل النوعية في حالات معينة ،ونحدد تواتر حدوث كل حالة من الحالات السابقة وتأثيرها السلبي في مدة تنفيذ النشاط وذلك باستخدام تعابير لغوية. حيث تعدُّ F تواتر الحدوث مجموعة شاملة و C التأثير السلبي مجموعة شاملة أيضاً بالإضافة إلى D المدة الزمنية التي تعد مجموعة ضبابية منقطعة أيضاً.
- نحول التعابير اللغوية السابقة إلى مجموعات ضبابية باستخدام المجموعات الضبابية التالية التي تعد من أشهر المجموعات استخداما[1]:

المجموعة الضبابية المعبرة عنه	التعبير اللغوي
{0.8/0.25 , 0.9/0.8 , 1/1}	كبير جداً
{0.8/0.5 , 0.9/0.9 , 1/1}	كبير
{0.3/0.2 , 0.4/0.8 , 0.5/1 ,0.6/0.8 , 0.7/0.2}	وسط
{0/1, 0.1/0.9 , 0.2 / 0.5 }	صغير
{0/1 , 0.1/0.88 , 0.2/0.42}	صغير نوعا ماً
{0/1 , 0.1/0.81 , 0.2/ 0.25}	صغير جداً

- نوجد الجداء الديكارتي الذي يطلق عليه العلاقة الضبابية بين كل مجموعتين ضبابيتين جزئيتين الأولى جزئية من المجموعة الشاملة F لتواتر حدوث حالة معينة، والثانية جزئية من المجموعة الشاملة للتأثير السلبي C لتلك الحالة في زمن تنفيذ النشاط وكتابة ذلك بالشكل المصفوفي كما ورد سابقاً .
- بعد أن نحصل على العلاقات الضبابية جميعها وللحالات و المتغيرات النوعية كافة نقوم بإيجاد التأثيرات الإجمالية لتلك العوامل النوعية المؤثرة في زمن تنفيذ النشاط، وذلك من خلال اتحاد العلاقات الضبابية المحددة بعضها مع بعض ،حيث تتم عملية الاتحاد بإيجاد الاجتماع لتلك العلاقات باستخدام المعادلة (2-8) ،فنحصل على العلاقة Tالتي تحوي جميع أجزاء المجال [0-1].نوجد العلاقات الضبابية الغامضة بين النتائج السلبية للتأثيرات في زمن تنفيذ النشاط وبين الزمن المعبّر عنهما بتعابير لغوية حوّلت إلى مجموعات ضبابية ، حيث عناصر المجموعات الضبابية الممثلة للزمن هيa,m,b.

---

[1] علي ،حمزة (2002): محاضرات غير منشورة ألقيت لطلاب كلية الهندسة المدنية ،جامعة تشرين.

- إيجاد اتحاد العلاقات الضبابية الناتجة في الخطوة السابقة باستخدام المعادلات (8-2) ،فنحصل على العلاقات الضبابية R الحاوية على جميع أجزاء المجال [0-1].
- أصبح لدينا R علاقة ضبابية بين F و C وكذلك T علاقة ضبابية بين C و D ، فالعلاقة الضبابية بين F و D نحصل عليها من خلال إيجاد التركيب الضبابي بين R و T باستخدام المعادلة (11-2).
- لاختيار المجموعة الجزئية الضبابية لمدة تنفيذ النشاط آخذين في الحسبان تأثير العوامل كافة نعمد إلى حساب جداء مجموع عناصر كل سطر في المصفوفة TOR بالتكرار المقابل له (أي بتواتر الحدوث المقابل)، فتكون درجات الانتماء لعناصر المجموعة الضبابية التي تمثل مدة تنفيذ النشاط هي المقابلة لأكبر قيمة من قيم الجداء السابق أي:

$$\sum_{j=1}^{n} TOR_{1j} \times F_1$$

$$\sum_{j=1}^{n} TOR_{2j} \times F_2$$

.

.

$$\sum_{j=1}^{n} TOR_{nj} \times F_n$$

$$\mu_{(x_i)} = \underset{i}{MAX} \sum_{j=1}^{n} TOR_{ij} \times F_i \qquad (17\text{-}2)$$

- نحسب مؤشرات التوزيع الاحتمالي لزمن النشاط بناء على تلك المجموعة الضبابية التي تمّ الحصول عليها ،من خلال حساب احتمال أن يكون زمن النشاط مساوياً لكل عنصر من عناصر هذه المجموعة كما يلي :

$$\mathrm{P}(D = x_1) = \mu_{(x_1)} / \sum_{i=1}^{n} \mu_{(x_i)} \qquad (18\text{-}2)$$

....

$$\mathrm{P}(D = x_n) = \mu_{(x_n)} / \sum_{i=1}^{n} \mu_{(x_i)} \qquad (19\text{-}2)$$

فنحصل على التوزيع الاحتمالي كما يلي:

Xi	$X_1 \quad X_2 \cdots\cdots X_n$	$\sum$
$\mu_{(x_i)}$	$\mu_{(x_1)} \quad \mu_{(x_2)} ---------- \mu_{(x_n)}$	
p(xi)	$p(x_1) \quad p(x_2) ------ p(x_n)$	1

- نحسب قيم مؤشرات التوزيع الاحتمالي السابق باستخدام العلاقات التالية:

$\bar{D} = \sum_{i=1}^{n} x_i p(x_i)$ القيمة المتوقعة للتوزيع. (20-2)

$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i^2 p(x_i) - (\bar{D})^2$ التباين. (21-2)

$\sigma = +\sqrt{\sigma^2}$ الانحراف المعياري. (22-2)

تستخدم القيم الجديدة $(\overline{D_i}, \sigma_i)$ التي تم الحصول عليها من خلال تطبيق الخطوات السابقة على كل نشاط من أنشطة المشروع، في تحليل شبكةPERT زمنياً وإعداد خطة زمنية للمشروع كما هو متعارف عليه في شبكةPERT التقليدية، حيث يحدد المسار الحرج ، ويقدر الزمن اللازم لإنجاز المشروع، نلاحظ أن التقدير الناتج يتصف بأنه ذو جودة أكثر من تقدير النظرية الاحتمالية المستخدمة في تحليل شبكةPERT التقليدية . وذلك لأنه أقل تحيزاً وأكثر فعالية .

نشير أخيراً إلى أن قيم المؤشرات الجديدة التي تمّ تقديرها باستخدام نظرية المجموعات الضبابية لا تتأثر بالتغيرات الطفيفة في قيم درجات الانتماء،وإنما تتأثر بنوع العلاقة الغامضة بين الزمن ونتائج التأثير السلبي للعامل النوعي المدروس ، فعندما تتغير درجات الانتماء بشكل طفيف فإن قيم المؤشرات تتغير أيضاً بشكل طفيف جداً ، حيث لا تتجاوز قيمة التغير 1% على أبعد تقدير ، بينما تكون قيمة ذلك التغير كبيرة عند تغير نوع العلاقة الضبابية بين الزمن ونتائج التأثير السلبي للعامل النوعي .

2-1-8-الجدولة الزمنية لمشروع ذي أنشطة ضبابية :

لم يقدم الاستخدام السابق لنظرية المجموعات الضبابية في تقدير مؤشرات التوزيع الاحتمالي الذي يخضع له زمن النشاط برنامجاً زمنياً مبنياً على شبكة أنشطة المشروع ، فتم استخدام هذه النظرية لتقدم تقنية جديدة لحساب الجدولة الزمنية لأنشطة المشروعات عندما تكون هذه الأنشطة ضبابية تمثل أعمالاً غامضة وغير واضحة ترافقها أمور غير متوقعة الحدوث مع افتراض أن زمن النشاط هو مجموعة ضبابية مستمرة على عكس الاستخدام السابق الذي نظر إلى الزمن على أنه مجموعة ضبابية منقطعة عناصرها(a,b,m)فقط .

كما تم تقديم تقنيتين متممتين لهذه الجدولة الزمنية الضبابية هما : مقياس الإمكانية ودليل التوافقية اللذان يستخدمان لتقويم نتائج الجدولة وتحديد قبولها حيث يمثل مقياس الإمكانية أعلى نقطة في مساحة التقاطع بين التابعين الخطيين للرقمين الضبابيين الممثلين لكل من زمن تنفيذ النشاط المحسوب من الجدولة وذلك المتوقع لتنفيذ النشاط . بينما يمثل مؤشر التوافقية نسبة مساحة التقاطع السابقة إلى المساحة الكلية للرقم الضبابي الممثل لزمن تنفيذ النشاط المحسوب في الجدولة الضبابية.

تسمح الجدولة المعتمدة على نظرية المجموعات الضبابية بتحديد الأزمنة الضبابية المبكرة والمتأخرة للبدء والإنهاء ، وزمن المشروع ، وذلك من خلال حسابات الاتجاهين الأمامي والعكسي .

2-1-8-1-حسابات الاتجاه الأمامي لشبكة ضبابية :

رأينا في الشبكات التقليدية أن حسابات الاتجاه الأمامي للشبكة تمكننا من تحديد الأزمنة المبكرة للبدء وإنهاء أنشطة المشروع وتحديد الزمن المبكر لإنجاز المشروع ، وذلك بعد افتراض أن الزمن المبكر لحدث بداية المشروع هو(0) ، أما حسابات الاتجاه الأمامي لشبكة ضبابية/FNET/ فمثلها مثل حسابات الاتجاه الأمامي للشبكات التقليدية ،ولكن بعد افتراض أن الزمن الضبابي الممثل في منحنٍ بشكل شبه منحرف مثلاً (a,b,c,d) لحدث بداية المشروع هو (0,0,0,0,).بينما تحسب الأزمنة المبكرة لباقي الأنشطة في المشروع من خلال المعادلات التالية[1]:

$$FES_x = M\tilde{a}x_{\rho \in P} (FEF_\rho) \qquad (23-2)$$

$$FEF_x = FES_x \oplus FD_x \qquad (24-2)$$

$$T_{proj} = FEF_e \qquad (25-2)$$

حيث أن :

FES_x : زمن البداية المبكر الضبابي للنشاط x.

ρ : النشاط السابق.

P : مجموعة الأنشطة السابقة .

FEF_x : زمن النهاية المبكر الضبابي للنشاط x.

FD_x : زمن النشاط الضبابي الممثل بشكل شبه منحرف (a,b,c,d) .

[1]Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-(1996)-Project Network Analysis Using Fuzzy Sets,p311, مرجع سابق.

⊕: عملية الجمع الضبابي .

T_{proj} : زمن المشروع الضبابي .

e : النشاط الأخير في المشروع .

تشكل عملية $M\tilde{a}x$ مقارنة لكل زوج من أعداد الرقمين الضبابيين لتحديد القيمة العظمى لكل زوج للحصول على الرقم الضبابي الجديد الأعظمي كما يتضح في المعادلة (2-14)سابقاً.

يمكننا القول إن الشبكة الضبابية /FNET/ تأخذ في الحسبان كلاً من القيم المتوسطة والانتشار اليميني واليساري للأزمنة، وذلك على عكس طريقة PERTالتي تأخذ فقط القيم المتوقعة للأزمنة دون النظر في الانحراف المعياري.

2-8-1-2- حساب الأزمنة المتأخرة من خلال الاتجاه العكسي :

إذا أمعنا النظر في المعادلة (2-12) الموضحة لعملية الجمع الضبابي نجد أن هذه العملية لا تختلف عن عملية الجمع التقليدي ، لذلك لم تختلف حسابات الاتجاه الأمامي لـ FNET عن حسابات الاتجاه الأمامي في الشبكات التقليدية . بينما نجد من خلال المعادلة (2-13) الموضحة للطرح الضبابي بأن هذه العملية ليست عكس الجمع الضبابي بل تختلف عن الطرح التقليدي ، وهذا أدى إلى تباين حسابات الاتجاه العكسي لـFNETعن حسابات الاتجاه العكسي للشبكات التقليدية .

إن استخدام الطرح التقليدي في حسابات الاتجاه العكسي الضبابي يخلق قيماً كبيرة وغير واقعية لدرجات عدم التأكد ،وذلك بالنسبة للأزمنة الضبابية المتأخرة لبدء وإنهاء أنشطة المشروع ، وتزداد قيمة درجة عدم التأكد بازدياد تتابع الحسابات نحو الأمام ، حيث أن درجة عدم التأكد المتعلقة بزمن المشروع ليست إلا تراكماً لدرجات عدم التأكد الحاصلة في أزمنة الأنشطة . ومن الممكن أيضاً عند انتهاء عملية الحساب الحصول على قيم سالبة للزمن المتأخر الضبابي لنشاط ما ، وهذا لامعنى له.

وللتغلب على هذه العقبة اقترح أن يكون الزمن الذي يعدُّ نقطة بدء لحسابات الاتجاه العكسي محدداً بشكل مستقل عن حسابات الاتجاه الأمامي .مع افتراض أساس خلاصته أن الأنشطة المبكرة يجب أن تنتهي بدرجة عدم تأكد أكبر من الأنشطة التالية لها،أي أن الانتشار اليميني (مدى الضبابيةالأيمن) للأزمنة المتأخرة الضبابية يكون على الأقل بدرجة عدم تأكد مماثلة لأزمنتها المبكرة الضبابية ، وذلك انطلاقاً من كون درجة عدم التأكد المرافقة لأزمنة نشاط في CPM تؤثر مباشرة على درجة عدم التأكد المرافقة لأزمنة البدء والإنهاء المحسوبة. أي أن درجة عدم التأكد المرافقة لزمن ضبابي لبداية نشاط ما هي تراكم لدرجات عدم التأكد المرافقة لأزمنة الأنشطة السابقة، فتكون درجة عدم التأكد المرافقة لزمن النهاية الضبابي لذلك النشاط مساوية لدرجة عدم التأكد المرافقة لزمن بدايته الضبابي تضاف إليها

درجة عدم التأكد المرافقة للمدة الزمنية الخاصة به. " لنفترض أن لدينا شبكة عمل خطية لمشروع ما ذات مسار واحد فقط، عندئذ يجب أن تتساوى درجة عدم التأكد لأزمنة البداية المتأخرة والمبكرة الناتجة عن حسابات الاتجاهين الأمامي والعكسي وذلك لأي نشاط من أنشطة المشروع ، فنقول عندئذ إن زمن البداية المتأخر يتطابق مع زمن البداية المبكر للنشاط. ولكن في معظم الأحوال تضم شبكة عمل المشروع مسارات عدة ، عندئذ تكون درجة عدم التأكد في حسابات الاتجاه العكسي المتراكمة من مسار أو عدة مسارات مختلفة أكبر من تلك الناتجة عن حسابات الاتجاه الأمامي ، الأمر الذي يسمح لأزمنة النشاط المتأخرة بأن تكون ذات درجة من عدم التأكد أكبر من تلك التي في أزمنته المبكرة. مما يضيف مرونة ودقة في حساب أزمنة البداية والنهاية الضبابية لأنشطة المشروع."(1)

ولكي تكون النتائج التي تم الحصول عليها من FNET موضوعية وصحيحة في شكل مؤكد ينبغي أن تتوافر الشروط الثلاثة التالية(2):

- يجب أن تكون قيود الجدولة الزمنية الناتجة عن حسابات الاتجاهين الأمامي والعكسي مرضية ومقبولة بالنسبة للمخطط ،حيث يمكنه تنفيذ النشاط ضمن هذه القيود .
- يجب أن تأخذ العناصر الأربعة جميعاً للرقم الضبابي المعبر عن زمن النشاط والممثل بشكل رباعي قيماً موجبة أي $a,b,c,d \geq 0$.
- لا يجوز أن يتجاوز أي عنصر العناصر التالية له ، أي لو كان الرقم الضبابي الممثل برباعي (a,b,c,d) فإنه يجب أن يتحقق$(a \leq b \leq c \leq d)$.

لتوضيح ما سبق نفترض أن زمناً متأخراً ضبابياً معبراً عنه بمنحنٍ في شكل شبه منحرف مغلق (a,b,c,d) ،ويشير إلى الزمن المتأخر الذي يجب أن ينتهي خلاله نشاط ما ، هذا وتكون عناصر الزمن الناتجة عن حسابات الاتجاه العكسي والتي قيمها تتجاوز قيمة dغير مقبولة،عندئذ تعدل النهاية المتأخرة الضبابية من خلال تمديد الحد الأدنى a إلى اللانهاية مما يجعل عناصر الزمن جميعها ممكنة قبل a، بينما تبقى درجات إمكانية عناصر الزمن بعد d غير متغيرة.عندئذ يبقى قيد زمن النهاية المتأخر الضبابي مقبولاً ،وكذلك المدة الضبابية الناتجة تبقى صحيحة ومقبولة ويدعى الزمن المتأخر الضبابي الممدد باسم الحد الضبابي الأعلى كما في الشكل (2-15).

ولحساب الأزمنة المتأخرة الضبابية لكل نشاط من أنشطة المشروع وفق الاتجاه العكسي نتبع ما يلي:

(1)Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-(1996)-Project Network Analysis Using Fuzzy Sets,p311, مرجع سابق.

(2)المرجع السابق ص311.

1- نقــوم بتحديــد النهايــة المتــأخرة التمهيديــة Preliminary Late Finish (PLF) بغية حساب الزمن المتأخر الضبابي للنشاط باستخدام المعادلة التالية[1] :

$$PLF_x = \underset{s\in S}{M\tilde{i}n}(FLS_s) \qquad (26\text{-}2)$$

حيث أن :

PLF_x : زمن نهاية متأخر تمهيدي للنشاط x.

FLS_s : زمن بداية متأخر ضبابي للنشاط s اللاحق مباشرة لـ x.

S : مجموعة الأنشطة اللاحقة مباشرة لـ x .

2- نحول PLF_x إلى الحد الأعلى للنهاية المتأخرة FLF^M وذلـك بطـرح الفتـرة $(0,\infty)$ منـه باستخدام المعادلة التالية[2] :

$$(g,h,e,f)\Theta(0,0,\infty,\infty) = (-\infty,-\infty,e,f) \qquad (27\text{-}2)$$

3- لدينا : FEF ممثلاً برباعي (a,b,c,d) و FLF^M ممثلاً برباعي $(-\infty,-\infty,e,f)$ ، نحسب الانتشار اليميني لكل من العددين الضـبابيين FEF , FLF^M أي d-c , f-e أمـا الانتشار اليساري فهو غير محدد يمتد إلى اللانهاية.

4- نقارن قيمتي الانتشار السابقتين لحساب العدد الضبابي الأكـبر(Y) حيـث نميـز الحـالتين التاليتين[3]:

أ- $(d-c) \geq (f-e)$ أي أن الانتشاراليميني لـ FEF أكبر من الانتشار اليمـيني لـ FLF^M في هذه الحالة ستكون عناصر(Y) مساوية للفـرق بـين الحـدين الأعلى للعددين الضبابيين FEF , FLF^M أي :

$$Y = (f-d, f-d, f-d, f-d) \qquad (28\text{-}2)$$

ب - $(d-c) \langle (f-e)$ فإن:

$$Y = (e-c, e-c, e-c, f-d) \qquad (29\text{-}2)$$

يجب أن يحقق العدد الضبابي Y الشرط التالي :

$$FEF \oplus Y \subseteq FLF^M \qquad (30\text{-}2)$$

5-نحسب FLF زمن النهاية المتأخر الضبابي لأنشطة المشروع من المعادلة التالية[4]:

---

[1] Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-(1996)-Project Network Analysis Using Fuzzy Sets,p311, مرجع سابق.

[2] المرجع السابق ص311.

[3] المرجع السابق ص311.

[4] المرجع السابق ص311.

$$FLF = FEF \oplus Y \qquad (31\text{-}2)$$

6-نحسب FLS الزمن الضبابي المتأخر لبداية أنشطة المشروع وذلك من خلال تحويل FLF , FD إلى الشكل التالي[1]:

$$FLS \oplus FD = FLF \qquad (32\text{-}2)$$

وتكرر هذه الخطوات لجميع أنشطة المشروع.

2-1-8-3- مقياس الإمكانية :Possibility Measure/PM/

بعد إعداد الجدولة الزمنية الضبابية لخطة المشروع الموضحة على الشبكة الضبابية يتم تقويم البرنامج الزمني وتقدير مدى قبول نتائج الجدولة وقياس الدرجة الحرجة باستخدام تقنيتين متممتين هما:مقياس الإمكانية ،ومؤشر التوافقيةAgreement Index "يمكننا مقياس الإمكانية من تقدير درجة انتماء كل رقم ضبابي إلى الآخر،حيث يمثل الرقم الضبابي الأول زمن النشاط المحسوب من الجدولة الضبابية(A)وهو زمن ضبابي،بينما يمثل الزمن المتوقع للنشاط الرقم الضبابي الثاني(H)والذي قد يكون محدداً أو ضبابياً.قيمة مقياس الإمكانية هي أعلى نقطة في منطقة التقاطع بين التابعين الخطيين المستمرين للرقمين السابقين (A) ،(H)"[2]وتحسب هذه القيمة وفقاً للخطوات التالية:

أ-تمثيل الرقمين الضبابيين السابقين بيانياً وتحديد نقاط التقاطع بينهما ،واسقاط هذه النقاط على محور الزمن فنحصل على قيم Dالمقابلة لكل نقطة من هذه النقاط.

ب-نعوض قيم Dالناتجة في الخطوة السابقة بتابع العلاقة الممثل لكل رقم ضبابي فنحصل على درجة الانتماء المقابلة لكل نقطة من نقاط التقاطع .

ج-نختار القيمة العظمى لدرجات الانتماء السابقة فنحصل على مقياس الإمكانية (PM) للنشاط.

2-1-8-4- مؤشر التوافقيةAgreement Index :

يعطينا مقياس الإمكانية النقطة الأعلى فقط في مساحة التقاطع، بينما يقيس مؤشر التوافقية(AI) نسبة مساحة التقاطع بين التابعين الخطيين لرقمين ضبابيين لنشاط واحد والمساحة

---

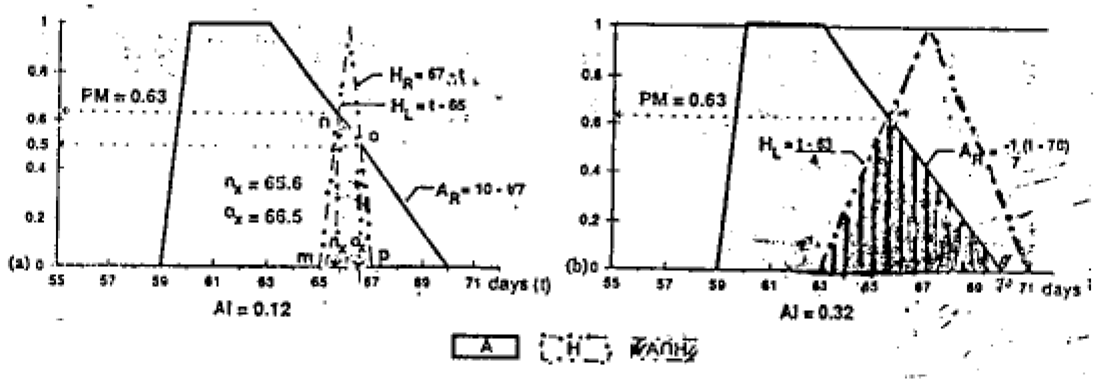
[1] Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-(1996)-Project Network Analysis Using Fuzzy Sets,p31, مرجع سابق.

[2] المرجع السابق ص312.

الكلية للرقم الضبابي الممثل لزمن النشاط المحسوب من الجدولة الزمنية الضبابية (A) كما في المعادلة التالية[1]:

$$AI(A,H)=\frac{Area(A,H)}{Area\ A} \qquad (33\text{-}2)$$

حيث تحسب مساحة التقاطع باستخدام التكامل الجزئي لتوابع العلاقة ، وكلما ازدادت قيمة مؤشر التوافقية كلما دلّ ذلك على وجود الانسجام والتلاؤم بين الرقمين الضبابين A,H.ويوضح الشكل (17-2) هذا المؤشر بيانياً:



مؤشر التوافقية ومقياس الإمكانية

الشكل (17-2)

تكمن فائدة مؤشر التوافقية ومقياس الإمكانية في قياس حرج أنشطة المشروع كما يلي:

أ-حساب المدة الزمنية لأي مسار ولكل مسار من مسارات الشبكة من العلاقة[2] :

$$T_{\pi_i}=\sum_{x\in X} D_x \qquad (34\text{-}2)$$

حيث أن : x : نشاط منتمي إلى المسار π_i .

X : مجموعة أنشطة المسار π_i .

ب- قياس الإمكانية بين مدة كلّ مسار ومدة المشروع كلّه.

---

[1] Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-(1996)-Project Network Analysis Using Fuzzy Sets,p313 , مرجع سابق.

[2] المرجع السابق ،ص313.

ج ـ حساب مؤشر التوافقية AI لزمن كل مسار T_{π_i} ولزمن المشروع ككل T_{proj} من العلاقة التالية[1]:

$$AI\left(T_{\pi_i}, T_{proj}\right) = \frac{Area\left(T_{\pi_i} \cap T_{proj}\right)}{Area\left(T_{\pi_i}\right)} \qquad (35\text{-}2)$$

د- حساب الدرجة الحرجة للنشاط والتي تساوي قيمةAI , PM للمسار المنتمي إليه وإذا كان هناك أكثر من مسار ينتمي إليه النشاط فإن الدرجة الحرجة هي أكبر قيمة لـAI,PM.

هـ- حساب الدرجة الحرجة التراكمية للنشاط ،والتي تساوي مجموع قيمAI,PM لجميع المسارات التي ينتمي إليها النشاط ، حيث تكون الدرجة الحرجة التراكمية للنشاط المنتمي إلى عدد من المسارات أكبر من تلك الدرجة الخاصة بنشاط آخر ينتمي إلى عدد أقل من المسارات .

يمكننا من خلال هذه الدرجة أن نوجه انتباه منفذي المشروع إلى الاهتمام بالنشاط الذي يملك درجة حرجة تراكمية كبيرة نظراً لخطورته لأن تأخيره يؤثر سلباً في زمن إنجاز المشروع .

و- حساب الزمن الراكد الكليTF للنشاط من خلال إيجاد الفرق بين المركز الهندسي (C)للزمن الضبابي المبكر والمتأخر للنشاط ،حيث يحسب المركز الهندسي من العلاقة التالية[2]:

$$C = \frac{\left(-a^2 - b^2 + c^2 + d^2 - ab + cd\right)}{3\left(-a - b + c + d\right)} \qquad (36\text{-}2)$$

فيكون الاحتياطي الزمني الكلي مساوياً لـ :

$$TF = C^{FLS} - C^{FES} \qquad (37\text{-}2)$$

$$TF = C^{FLF} - C^{FEF} \qquad (38\text{-}2)$$

نخلص مما سبق إلى جملة من الملاحظات هي :

1- لا تتطلبFNETبيانات تاريخية لتقدير أزمنة الأنشطة كما في الشبكات التقليدية بل يلزمها فقط تقديرات شخصية عن هذه الأزمنة لتستخدم على أنها مدخلات للجدولةالضبابية.

2- ليست حساباتFNET بسهولة حساباتPERT ،فهي كثيرة وتقدم مقاييس ومؤشرات عديدة أكثر منPERT ولذلك فهي تستغرق وقتاً أطول مما تتطلبه حساباتPERT.

3- نتائجها أكثر معنوية وموضوعية ومنطقية من نتائج حساباتPERT .

4- تستلزم عملية استخدامها في المشروعات الكبيرة ضرورة توفر برمجيات خاصة بها.

---

(1)Lorterapong, Pasit and Osama Moselhi-(1996)-Project Network Analysis Using Fuzzy Sets,p313, مرجع سابق.

(2) المرجع السابق ،ص313.

المبحث الثاني

تقنية شبكة مسار بيرت

PERT – Path Network Technique (PPNT)

تمهيد :

يستند منهج PERTالتقليدي في تحليله لتنفيذ مراحل المشروع إلى مجموعة الأنشطة الحرجة فقط دون التطرق للأنشطة غير الحرجة ، إضافة إلى المعلومات التي يوفرها هذا المنهج حول القيود المنطقية وتقديرات زمن النشاط الذي يخضع لتوزيع احتمالي معين، كما أن الادراك التام لحالات عدم تأكد المشروع والإشارة إليها بوضوح أمر تعجز عنه إدارة أي مشروع عندما تستخدم شبكة PERT التقليدية في وضع خطة مشروعها .لذلك وللتغلب على العيوب السابقة المتمثلة بإهمال الأنشطة غير الحرجة وصعوبة إدراك حالات عدم التأكد المرافقة لزمن المشروع ، قدمت صياغة جديدة لأسلوب PERTالتقليدي ، وذلك بتحليل تطور المشروع حسب مسارات شبكة PERT التقليدية، حيث أطلق على الشبكة الناتجة اسم شبكة مسار بيرت PERT Path Network (PPN) والتي تتطلب المعلومات نفسها التي يتطلبها منهج PERT التقليدي ، ولكنها تستخدم هذه المعلومات على نحو أكثر دقة .

1-2-2-أساسيات PPNT:

تنطلق PPNT من أن مجموعة أنشطة المشروع {A} والبالغ عددهاN نشاطاً ذات العلاقات المنطقية والأسبقية المعروفة والمحددة مخططة وفق منهج PERTالإحصائي التقليدي، فالتوزيعات الاحتمالية لزمن كل نشاط محددة (حيث المتوسطات والتباينات لأزمنة الأنشطة محددة) ، والقيود الزمنية للأنشطة محددة أيضاً، كما أن النظام المعتمد في رسم شبكة PERTهو النظام الموجه للأحداث (AOA) .

تمكن PPNT من إنجاز أنشطة المشروع خلال زمن المشروع ، وذلك بتسلسل إنجاز ممكن للأنشطة وفقاً لأزمنة النشاط وعلاقات الأسبقية بين الأنشطة، حيث يحدد تسلسل إنجاز الأنشطة بوصفه مساراً يمكن لنموذج PERT التقليدي اتباعه.

ترى PPNT أن تسلسل إنجاز أنشطة المشروع سياق عشوائي(*) وكل مسار يمكن أن ينفذ المشروع من خلاله يشكل مجرى لذلك السياق العشوائي ،ويكون عدد مجاري السياق العشوائي مساوياً لعدد المسارات المحددة عند بداية المشروع والتي تمثل التطورات المختلفة لذلك المشروع.هذا و يعد المسار

(*) يعرّف السياق العشوائي بأنه تابع عشوائي لمتحول واحد أو لعدة متحولات وقد يكون السياق العشوائي متقطعاً أومستمراً ،هذا ويدعى كل مسار من المسارات التي يمكن أن يسلكها السياق باسم المجرى الذي يشكل تابعاًعادياً (غير عشوائي) للزمن، ولمزيد من الإطلاع انظر :

العلي ، ابراهيم (1986): الاحصاء الرياضي، كلية الاقتصاد ، جامعة حلب، ص385-384.

الممثل لمجرى السياق العشوائي مساراً تاماً عندما تكون الأنشطة المنتمية إليه جميعها قد أنجزت تماماً، أما إذا كان هناك أنشطة قيد الإنجاز أو لم تنجز بعد فإن المسار غير تام ،وبكلام آخر عندما يكون هناك حالات مسار لم يتم الوصول إليها بعد فالمسار غير تام.

إذاً الفكرة الأساسة التي تقوم عليها PPNT هي أن التطور الحقيقي لتنفيذ المشروع لايحدد اعتماداً على مجموعة الأنشطة المنجزة في التاريخ المحدد ،وإنما على تسلسل إنجازهذه الأنشطة وتاريخ إنهائها.

تسمحPPNT بتحليل تطورات تنفيذ المشروع أي مجاري السياق العشوائي باستخدام متغير الحالة "حالة مسار"Path State لطريقة PERT ويعرّف على أنه[1] :

$$\pi_k=\left\{A_{i_1},1,A_{i_2},2,\dots\dots\dots,A_{i_k},k,0,0,0\right\} \quad (39\text{-}2)$$

حيث يشير الصفر إلى أن الأنشطة التالية للنشاط رقم k لم تنجز بعد، وهذا إذا كان $k \neq N$،و:

$$k = 1,2,3,\dots\dots\dots,n.$$

$$i_k = 1,2,3,\dots\dots\dots,n_k$$

$A_{i_k,k}$: هو النشاط ذو الترتيبk المنجز في حالة المسار ذي الترتيب i_k في الانتقال ذي الترتيب k.

n_k: عدد حالات المسار ذات الأنشطة المنجزة والتامة k.

يشير متغير الحالة $\pi_{1,0}$ أو π_0 إلى الحالة البدائية التي لا ينجز فيها أي نشاط هذا ،ويمثل نظامPERT التقليدي هذه الحالة الأولية .أما عندما تكون k<N فان قيم متغير الحالة تشير إلى التطورات العامة للمشروع وتكون هذه التطورات جزئية، أي أن هناك حالات مسار يجب الوصول إليها بشكل متسلسل بغية تحقيق حالة المسار التي تشير إلى إنجاز النشاط رقم N في المشروع(n_N)من مجرى السياق العشوائي الممثل لهذا المسار ، ويطلق على الحالة ذات الترتيب n_N حالة تامة بينما باقي الحالات التي ترتيبها $(0,1,\dots\dots,n_{N-1})$هي حالات جزئية.

يمثل متغير الحالة π_N مجموعة المسارات المكتملة والتامة التي يمكن لطريقة PERT اتباعها قبل المباشرة بتنفيذ المشروع ، حيث يتم تخفيض عدد هذه المسارات عندما تصبح العملية جارية ،وذلك من خلال استبعاد المسارات التي تنتمي إليها حالات مسار لايمكن الوصول إليها فيكون احتمال الانتقال من حالة سابقة إلى حالة من الحالات التي يتعذر الوصول إليها معدوماً وحدث الانتقال بين هاتين الحالتين المتجاورتين يعدُّ حدثاً احتمالياً مستحيلاً .

[1] Mummolo Giovanni – (1997) –" Measuring Uncertainty And Criticality In Network Planning By PERT–Path Technique , International Journal Of Project Management, Vol.15,NO.6 Great Britain p378

يعتمد حدوث أي حالة والوصول إليها على احتمالات الانتقال بين حالات المسار ، وتعتمد احتمالات الانتقال السابقة بدورها على السياق العشوائي الذي يصف تطور المشروع وتطور PERTمن خلال متغير الحالة π_k .

تستند PPNT إلى عدة مؤشرات في تحليلها لمسار المشروع منها:

" احتمال الحالة لكل $\pi_{p,k}$ حيث $\pi_{p,k}$: هي حالة المسار ذات الترتيب p بـ k نشاط منجز،احتمالات الانتقال بين حالات المسار ، مجال زمن الوصول في كل $\pi_{p,k}$ "[1]، كما أنها تستند على مخططPPN ، هذا ويعتمد المؤشران الأول والثاني على الزمن وعلى الحالة والسياق العشوائي.

نجد من خلال ما سبق أن:

PPNT نموذج شبكي يأخذ في الحسبان أنشطة المشروع جميعها ويعدُّها متغيرات عشوائية ولا يقتصر على تلك الأنشطة المنتمية إلى المسار الحرج فقط كما في الشبكات التقليدية .

2-2-2-شبكة مسار PERT-Path Network(PPN):PERT

شبكة مسار PERT(PPN) هي مخطط بياني موجه ذو بنية شجرية بجذر في $\pi_{1,0}$ وعقد (أحداث) في الحالات $\pi_{i_k,k}$ حيث: $k=[1,N]$، $i_k=[1,k]$.

تعتمد بنية شبكة مسار بيرت على بنية شبكةPERT التقليدية ، وعلى الأزمنة المحددة لكل نشاط ، حيث تحدد PPN مخطط الانتقال للسياق العشوائي .

ويتم إعداد هذا المخطط كما يلي :

نفترض أن زمن النشاط متغير عشوائي معرف على المجال $[0,+\infty[$ ويخضع للتوزيع الاحتمالي الأسي السالب لوايبول وايرلانغ[2] ، عندئذ يعتمد مخطط الانتقال للسياق العشوائي على مخطط PERT التقليدي فقط دون اعتماده على المدد الزمنية المحددة ،أي لا توجد قيود زمنية طالما أن الزمن متغير عشوائي معرف على مجال غير محدود من الأعلى،هنا تكون الانتقالات ممكنة كلّها في PPN، حيث يسمح بجميع المسارات الممكنة لـ PPN المشتقة بسهولة من شبكة PERT التقليدية، عندئذ تسمى (PPN)الناتجة بشبكة مسار بيرت التامة Full PERT – Path Network (FPPN).

---

[1]Mummolo , Giovanni – (1994) –" PERT – Path Network Technique: A New Approach To Project Planning , International Journal Of Project Management , Vol . 12 . NO. 2,P90.

[2] ويأخذ التوزيع الأسي السالب الصيغة الرياضية التالية: $f_x = \frac{1}{\theta} e^{\frac{-x}{\theta}}$ بينما يأخذ توزيع وايبول الشكل التالي:

$$f_x = \alpha \beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{\left(\frac{-x}{\beta}\right)^{\alpha}}.$$

بما أن منهجPERT التقليدي يفترض أن زمن كل نشاط يعدُّ متغيراً عشوائياً معرفاًعلى مجال محدود حده الأدنى هو الزمن المتفائل ، والحد الأعلى هو الزمن المتشائم اللازم لإنجاز النشاط ويخضع لتوزيع β- PERT أو للتوزيع المنتظم، فإن هناك قيوداً زمنية ، وبالتالي فإن الأزمنة اللازمة لحدوث الانتقال بين حالات المسار هي متغيرات عشوائية مقيدة ، الأمر الذي لا يسمح بجميع الانتقالات الممكنة والمحددة في شبكةFPPN، ولذلك يجب إجراء اختصار وصقل لـ FPPN عن طريق إزالة حالات المسار، وبالتالي الفروع لـFPPN التي لا يمكن الوصول إليها بسبب أزمنة النشاط المقيدة ، حيث يطلق على الشبكة الناتجة عن عملية صقل FPPN اسم شبكة مسار بيرت المختصرة(RPPN) Reduced PERT-Path Network.

وفيمايتعلق بالقيود الزمنية التي يجب أخذها في الحسبان لتحديد حالات المسار التي لايمكن الانتقال إليها والواجب حذفها وإزالة المسار الذي تنتمي إليه، حيث أنه من غير الممكن للسياق العشوائي أن يسلك المجرى الممثل بهذا المسار ولمعرفة تلك الحالات ، فعلى سبيل المثال: إذا كانت لدينا العلاقة المنطقية بين نشاطين علاقة متوازية و لهما حدث بداية تشعبي ، وزمن كل منهما معرف على مجال محدود ،حيث الحد الأدنى لمجال تعريف زمن النشاط الثاني أكبر من الحد الأعلى لمجال تعريف زمن النشاط الأول ، عندئذ لا يمكن الانتهاء من إنجاز النشاط الثاني قبل إنجاز النشاط الأول، أي لا يمكن الانتقال إلى حالات المسار التي تتضمن ترتيب انجاز الأنشطة ،عندما يشير هذا الترتيب إلى إنجاز النشاط الثاني قبل إنجاز النشاط الأول سواء كانت هذه الحالات تعبر عن مسار تام أو غير تام.

إذاً لا يمكن للمشروع أن يتبع أثناء تنفيذه تسلسلات وترتيب إنجاز الأنشطة التي تشير إليها هذه الحالات ، فيتم حذفها من شبكة مسار بيرت التامة(FPPN) ، أما في حال تساوي الحدود الدنيا،وكذلك الحدود العليا لهذين النشاطين أوفي حال التداخل بين هذه الحدود العليا والدنيا لمجالات تعريف زمن كل نشاط باستثناء ما ذكر سابقاً ، فإنه يمكن الانتقال من حالة مسار راهنة إلى حالات مسار مجاورة ، ويسمح بجميع الانتقالات الممكنة.(*)

3-2-2-مجالات زمن الوصول إلى حالة المسار:

قبل الحديث عن الطريقة التي يتم فيها حساب هذه المجالات والخطوات التي تقوم عليها هذه الطريقة، نورد مجموعة من الرموز التي سيتم الاعتماد عليها في توضيح عملية حساب هذه المجالات[1] :

(*)ولمزيد من التوضيح والاطلاع حول كيفية إعداد كل منFPPN,RPPN بالاعتماد على شبكة (PERT) وعلى القيود الزمنية والمنطقية وازالة مجاري السياق العشوائي التي لا يمكن سلوكها واتباعها. انظر الملحقCالذي يوضح ذلك .

[1]Mummolo , Giovanni - (1994) -" PERT – Path Network Technique: A New Approach To Project Planning,P97.مرجع سابق

$\pi_{p,k}$: حالة مسار راهنة ذاتk نشاط منجز .

S : مجموعة الأنشطةA_sالتي يمكن انجازها إذا علمنا أن طريقةPERTهي في حالـــة المســـار $\pi_{p,k}$.

$\pi_{s,k+1}$: حالة المسار في الموقع ذي الترتيبs بـــ k+1 نشاط منجز ، ويمكن الوصـــول إليها بالبدء من $\pi_{p,k}$ بإنجاز النشاط A_s.

$T_i(\pi_{p,k})$: زمن الوصول الذي ترتيبهi في حالة المسار $\pi_{p,k}$.

$T_i'(\pi_{s,k+1})$: زمن الوصول الأدنى في حالة المسار $\pi_{s,k+1}$ شرط أن بداية نظامPERT من $\pi_{p,k}$ في $T_i(\pi_{p,k})$.

$T_i''(\pi_{s,k+1})$: زمن الوصول الأقصى في حالـــة المســـار $\pi_{s,k+1}$ شـــرط أن بدايـــة نظامPERT من $\pi_{p,k}$ في $T_i(\pi_{p,k})$.

$\Omega_s = [a_s, b_s]$ =المجال المخطط لزمن النشاط A_s .

$d_s[T_i(\pi_{p,k})]$: الاحتياطي الزمني الأدنى لـ As والمحسوب في $T_i(\pi_{p,k})$.

$D_s[T_i(\pi_{p,k})]$: الاحتياطي الزمني الأقصى لـ A_s والمحسوب في $T_i(\pi_{p,k})$.

$D_t[T_i(\pi_{p,k})]$: الاحتيـــاطي الـــزمني الأقصـــى لـ A_t والمحســـوب في $T_i(\pi_{p,k})$حيث أن $A_t \in S, A_t \neq A_s$.

نتبع مجموعة من الخطوات لحساب مجال زمن الوصول في كل حالة مسار سواء كانت هذه الحالة تامة أم جزئية ، ولكن بعد افتراض أن زمن النشاط يتراوح في المجـــال $[0,+\infty[$ وأن الشـــبكة الناتجـــة عنPNهيFPPN . حيث نتمكن من خلال تطبيق الخطوات الآتية وإجراء عملية الحساب مـــن إزالـــة جميع حالات المسار التي لا يمكن للسياق العشوائي أن يسلكها كما سيتضح لنا من خـــلال الخطـــوات الآتية :

1- نأخذ المجموعة الجزئية الأولى لحالات المسار التي تحوي حالة المسار البدائية فقط، والتي تشير إلى عدم إنجاز أي نشاط بعد حيث $k^* = 0$ عندئذ يكون $FPPN \equiv RPPN$.

2- نشكل المجموعات الجزئية من حالات مسارRPPN ،حيث تحوي كل مجموعة جزئية حـــالات المسار التي لها عدد الأنشطة المنجزة k نفسه : $k^* = 0,\ldots\ldots N$.

عندئذ يكون عدد هذه المجموعات مساوياً لـ $\left(N-k^{*}\right)+1$.

حيث أنه عندما :

$k^{*}=0$ فإن المجموعة تحوي فقط حالة المسار التي لا نشاطاً منجزاً فيها، عندئذ يكون عدد المجموعات في الشبكة مساوياً لـ N+1.

$k^{*}=1$ فإن المجموعة تحوي فقط حالات المسار التي تحوي نشاطاًمنجزاً واحداً فقط .

$k^{*}=N$ فإن المجموعة تحوي حالات المسار التامة التي فيهاN نشاط منجز.

3 – نختار مجموعة جزئية من المجموعات الجزئية السابقة ولتكن المجموعة الجزئية ذات الترتيب k $\{\pi_{p,k}\}$.

4 – نختار حالة المسار $\pi_{p,k}$ من المجموعة السابقة ،ونقوم بتحديد المجموعات التالية :

المجموعةA: مجموعة الأنشطة التي يمكن البدء بها عند وصول طريقةPERT إلى حالة المسار $\pi_{p,k}$ ،حيث يسمح انجاز هذه الأنشطة بالانتقال من $\pi_{p,k}$ نحو حالات مسار المجموعة الجزئية $\{\pi_{s,k+1}\}$ المتجاورة مع $\pi_{p,k}$.

المجموعةB: مجموعة الأنشطة التي بدأت مسبقاً في حالة المسار $\pi_{r,k-m}$ ،حيث $m\in[1,k]$ إلا أنها لم تكتمل بعد في $\pi_{p,k}$.

المجموعةC: مجموعة الأنشطة التي سبق انجازها في حالة المسار $\pi_{p,k}$.

5 – حساب قيم الاحتياطي الزمني الدنيا والقصوى والتي عددها 2^{k+1} للنشاطA_s :

فإذا كان النشاطA_sمنتمياً إلى المجموعةAالمحددة في الخطوة السابقة فإن :

$$d_{s}\left[T_{i}\left(\pi_{p,k}\right)\right]=a_{s} \quad (40\text{-}2)$$

$$D_{s}\left[T_{i}\left(\pi_{p,k}\right)\right]=b_{s} \quad (41\text{-}2)$$

أما إذا كان النشاطAsمنتمياً إلى المجموعةBالسابقة ،فيتم حساب قيم الاحتياطي الزمني الدنيا والقصوى من المعادلتين التاليتين على التوالي[1] :

$$a'_{s}\left[T_{i}\left(\pi_{p,k}\right)\right]=a_{s}+\left|d_{s}\left[T_{i}\left(\pi_{p,k}\right)\right]\right| \quad (42\text{-}2)$$

---

[1]Mummolo , Giovanni – (1994) –" PERT – Path Network Technique,p98. مرجع سابق

أما في حال عدم تحقق هذا الشرط ،فإن هذا يشير إلى ضرورة ازالة حالة المسار $\pi_{s,k+1}$ والحالات التالية لها كافة.

7 – وهكذا ننتقل من مجموعة جزئية إلى أخرى ومن حالة إلى أخرى ،ونكرر الخطوات السابقة حتى نتمكن من حساب مجالات أزمنة الوصول للحالات كافة، وعندما نصل إلى المجموعة الجزئية $N = k^{*}$ فإن مجالات زمن الوصول لحالاتها التامة هي في حقيقتها مجالات زمن الوصول إلى المسارات الممكنة التي يسلكها السياق العشوائي .

2-2-4-احتمال الانتقال بين حالتي مسار :

نفترض أنPERT في حالة المسار الراهنة $\pi_{p,k}$ ذات الأنشطة (k) المنجزة ،نحدد المجموعةD الناتجة عن اجتماع المجموعتينAوBالمذكورتين في الفقرة السابقة ،حيث تحوي المجموعة D ($n_{p,k}$)نشاطاً، هذا ويختلف التوزيع الاحتمالي للزمن عندما يبدأ النشاط A_sالمنتمي إلى المجموعةAمن الحالة $\pi_{p,k}$،ويسمح انجازه بالانتقال إلى الحالة المجاورة $\pi_{s,k+1}$ عن التوزيع الاحتمالي للزمن عندما يبدأ النشاط في حالة المسار $\pi_{r,k-m}$ التي تسبق $\pi_{p,k}$،حيث يتعلق التوزيع الأخير بالاحتياطي الزمني للنشاطA_s هو $d_r(A_s)$ الذي يحسب من العلاقة [1]:

$$d_r(A_s) = D(A_s) - [T(\pi_{p,k}) - T(\pi_{s,k+1})] \qquad (51\text{-}2)$$

حيث زمن النشاط A_sوالمعبر عنه بالرمز$D(A_s)$ يعطي احتمال الانتقال من $\pi_{p,k}$ إلى $\pi_{s,k+1}$ من العلاقة التالية[2] :

$$prob\ [\pi_{p,k}, \pi_{s,k+1}] = \int_{-\infty}^{+\infty} f_s(T) . \prod_{\substack{A_q \in \Omega_s \\ A_q \neq A_s}} R_q(T) dt \qquad (52\text{-}2)$$

حيث أن: $f_s(T)$: التوزيع الاحتمالي للنشاطA_sالذي يمكن من الانتقال من $\pi_{p,k}$ إلى $\pi_{s,k+1}$.

$R_q(T)$: تابع الموثوقية لزمن النشاط A_q حيث أن: $A_q \neq A_s$, $\forall A_q \in \Omega_s$

ويعرّف تابع الموثوقية لزمن النشاط A_q كما يلي[3]:

---

(1) Mummolo,G. , "Measuring Uncertainty and Criticality In Network planning with PPNT ", ،P 379 , مرجع سابق .

(2) المرجع السابق ، ص 379 .

(3) Romakumar ,R. (1993) ." Engineering Reliability Fundamentals and Applications prentice – hall , international , Inc . , U.S.A , p 54

حيث:

$$d_s\left[T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right] = a_s - \left[T_i\left(\pi_{p,k}\right) - T_i\left(\pi_{r,k-m}\right)\right] \geq 0 \qquad (43\text{-}2)$$

$$b'_s\left[T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right] = D'_s + \left[T_i\left(\pi_{p,k}\right) - T_i\left(\pi_{r,k-m}\right)\right] \qquad (44\text{-}2)$$

وحيث أن:

$$D'_s\left[T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right] = Min\left\{D_s\left[T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right], MinD_t\left[T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right]\right\} \qquad (45\text{-}2)$$

إذا كان :

$$D'_s\left[T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right] = D_s\left[T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right] \qquad (46\text{-}2)$$

فإن:

$$b'\left[T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right]_s = b_s \qquad (47\text{-}2)$$

6 – نختبر صحة التعبير الجبري التالي[1] رياضياً، وحسب نتائج الحساب التي يتم الحصول عليها لحالات زمن الوصول في حالات المسار وقيم الاحتياطي الزمني الدنيا والقصوى للأنشطة التي تمكننا من الانتقال من حالة راهنة الى حالات مجاورة :

$$\exists\, T_i\left(\pi_{p,k}\right) \in \left\{T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right\} \qquad (48\text{-}2)$$

$$\ni'\ d_s\left[T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right] \leq MinD_t\left[T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right]$$

فإن تحقق هذا الشرط نحسب قيمة كل من $T'_i\left(\pi_{s,k+1}\right)$ ، $T''_i\left(\pi_{s,k+1}\right)$ من المعادلتين (49-2)،(50-2) على التوالي[2] :

$$T'_i\left(\pi_{s,k+1}\right) = T_i\left(\pi_{p,k}\right) + d_s\left[T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right]$$
$$\forall\, T_i\left(\pi_{p,k}\right) \in \left\{T\left(\pi_{p,k}\right)_i\right\} \qquad (49\text{-}2)$$

$$T''_i\left(\pi_{s,k+1}\right) = T_i\left(\pi_{p,k}\right) + D_s\left[T\left(\pi_{p,k}\right)_i\right]$$
$$\forall\, T_i\left(\pi_{p,k}\right) \in \left\{T_i\left(\pi_{p,k}\right)\right\} \qquad (50\text{-}2)$$

[1] Mummolo , Giovanni – (1994) –" PERT – Path Network Technique,p98. مرجع سابق

[2] المرجع السابق ، ص 98 .

$$R_q = 1 - F_q(T) = \int_t^{+\infty} f_q(T)dt \quad (53\text{-}2)$$

حيث $F_q(T)$ التوزيع التكاملي لزمن النشاط A_q . ، $f_q(T)$: التوزيع الاحتمالي لزمن النشاط A_q .

أما عندما تكون أزمنة الأنشطة موزعة بشكل أسي، كما تفترض هذه التقنية في البداية فإن احتمال الانتقال السابق يعطى بالعلاقة :

$$prob\ [\pi_{p,k}, \pi_{s,k+1}] = \frac{1/E[t(A_s)]}{\sum_{A_s \in \Omega_s} 1/E[t(A_s)]} \quad (54\text{-}2)$$

حيث $E[t(A_s)]$ القيمة المتوقعة لزمن النشاط A_s .

إن الاحتمال السابق ليس إلا مقياساً لعدم التأكد المرتبط بتطور نظام PERT بين حالتي مسار متجاورتين في PPN .

نجد مما سبق ضرورة أن يكون :

$$\sum_{A_s \in \Omega_s} prob\ \{\pi_{p,k}, \pi_{s,k+1}\} = 1 \quad (55\text{-}2)$$

يمكننا بعد حساب احتمالات الانتقال بين حالات المسارات أن نحسب احتمال كل مسار (تام أو جزئي) من خلال العلاقة التالية[1]:

$$prob\{\pi_{k+1} = \pi_{s,k+1}\} = prob\{\pi_{p,k}, \pi_{s,k+1}\}.prob\{\pi_k = \pi_{p,k}\} \quad (56\text{-}2)$$

حيث أن: n_N عدد مسارات المشروع المكتملة.

$$prob\{\pi_0 = \pi_{1,0}\} = 1 \quad \text{و} \quad \sum_{i_N}^{n_N} prob\ \{\pi_N = \pi_{i_N,N}\} = 1$$

5-2-2-أزمنة المسار والمشروع :

رأينا أثناء عرض الطريقة التي تمكننا من حساب مجال زمن الوصول إلى حالة المسار من أن مجالات زمن الوصول إلى الحالات التامة هي مجالات زمن الوصول إلى المسارات وبالتالي للمشروع . لكن الجهد والوقت الذي تتطلبه هذه الطريقة ،إضافة إلى قلة المؤشرات التي يمكن الحصول عليها من خلال

---

[1] Mummolo,G. Measuring Uncertainty and Criticality in Network Planning By PERT Path Technique P380 مرجع سابق.

اتباعها، دفع إلى البحث عن طريقة أخرى أكثر سهولة وذات نتائج أدق ومؤشرات ناتجة أكثـــر مـــن الطريقة السابقة . حيث تعتمد هذه الطريقة على تحديد العلاقات بين زمن المشروع و أزمنة مســـارات الشبكة البالغ عددها n_N ،حيث تعمد إلى تحديد العلاقات بين$E[T]$و$V[T]$* من جهـــة وبـــين $E[T_i]$ ، $V[T_i]$لكل زمن مسار من المسارات الممكنة من جهة أخرى ، هذا ويرتبط زمن كـــل مـــن المشـــروع والمسار من خلال أن المشروع يتبع كلاً من المسارات n_N، أما دلالات الرموز السابقة فهي:

$E[T]$: القيمة المتوقعة لزمن المشروعTالذي يعد متغيراً عشوائياً .

$V[T]$: تباين زمن المشروع .

$E[T_i]$: التوقع الرياضي لزمن المسار π_i حيث T_iزمن المسار متغير عشوائي .

$V[T_i]$: تباين زمن المسار π_i.

ترى هذه الطريقة أن عملية تنفيذ المشروع تجربة تشكل جميع التطورات الممكنة للمشـــروع فضاء العينة S الذي يحوي العناصر s ذات العـــدد N+1 ويعـــرف فضـــاء العينـــة كمـــا يلـــي[1] :

$$S=(\pi_i, t_1, \ldots\ldots t_n)$$

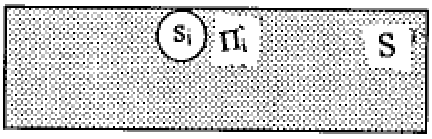
حيث أن : π_i : المسار ذو الترتيب i.

t_k : تاريخ الانتقال ذو الترتيب k لحالة ما بـــ k نشاط منجز .

حيث $k=1,2,\ldots\ldots N$.

s: تطور المشروع .

ويمثل ذلك بيانياً كما في الشكل التالي :



تنفيذ المشروع كتجربة

الشكل (2-18)

يقسم فضاء العينةS إلى مجموعات جزئية Π_i عددها n_N ،حيث تكون المجموعة الجزئيـــة Π_i هي حدث انجاز المشروع عندما يتبع المشروع المسار π_i ،أي أن Π_i هي مجموعة جزئيـــة مـــن التطورات الاجمالية الممكنة للمشروع بالمسار π_i .

*سنستخدم في هذا المبحث الرمز $E[T]$ للقيمة المتوقعة و$v[t]$ للتباين.

[1]Pontrandolfo , p. (2000) :Project Duration In Stochastic Network By The PERT – Path Technique , International Journal of Project Management, vol . 18 , p217.

لإيجاد التوزيــع الاحتمــالي للمــتغير العشــوائيTزمـــن المشـــروع المعـــرّف كمـــا يلـــي:

$$T : S \to (0,+\infty)$$

ينبغي أن نوجد التوزيعات الاحتماليةf_iلزمن كل مسار من المسارات السابقة T_i، حيث:

$i=1,\ldots\ldots, n_N$ واحتمال أن يتبع المشروع أثناء تنفيذه المسار π_i (p_i)، عندئذ يعطى التوزيع الاحتمالي لزمن المشروع بالعلاقة التالية :

$$P = \sum_{i=1}^{n_N} f_i p_i \qquad (57\text{-}2)$$

حيث أن : P : التوزيع الاحتمالي لـــ T_i.

ويحسب وسطاء هذا التوزيع (P) باستخدام المعادلات التالية(*) :

$$E[T] = \sum_{i=1}^{n_N} p_i E[T_i] \qquad (58\text{-}2)$$

$$V[T] = \sum_{i=1}^{n_N} p_i V[T_i] + \sum_{i=1}^{n_N} p_i E^2[T_i] - E^2[T] \qquad (59\text{-}2)$$

$$V[T] = \sum_{i=1}^{n_N} p_i V[T_i] + \left[E[T_i] - (E[T])^2\right] \qquad (60\text{-}2)$$

ومن أجل الجمع بين تقنية مسار بيرت ونموذجPERTالتقليدي،يمكن أن تستخدم PPNTلتحديد زمن المشروع تبعاً للخطوات التالية [1]:

1- عرض شبكة مسار بيرتPPNبالاعتماد على شبكةPERT(PN) وعلى أزمنة أنشطة المشروع.

2- يحدد لأجل كل نشاط متوسط وتباين زمن المسار واحتمال أن يتبع المشروع المسار المأخوذ في الحسبان .

3- حساب الزمن المتوقع للمشروع من خلال المعادلة (2-58)، وتباين زمن المشروع من خـــلال المعادلتين (2-59),(2-60) .

أثبتت شبكة مسار بيرت أنها وسيلة فعالة في معاينة تطورات المشروع خلال مرحلة التعاقد (الزمن صفر)،وفي الواقع تعد وسيلة ملائمة لإلقاء الضوء على تطورات المشروع الممكنة غـــير المتوافقـــة مـــع توقعات أحد طرفي العقد أو كليهما،حيث تجعل الأطراف المتعاقدة أكثر إدراكا لتأثيرات حالات ارتياب

(*) لمزيد من الإطلاع حول كيفية استخراج هذه المعادلات بالاعتماد على فضاء العينة والمجموعات الجزئية انظر الملحقD.

(1)Pontrandolfo , p. (2000) :Project Duration In Stochastic Network By The PERT – Path Technique , p218مرجع سابق .

المخططين بشأن تطورات المشروع ، حيث لكل تطور أهمية اقتصادية مختلفة بالنسبة لطرفي العقد. فالمتعاقد يهتم بتحديد معالم العقد التي تتبع تراتيب الإنجاز التي تؤهله لاستلام أكبر أقساط للدفعات المقدمة سلفاً من المالك، بينما المالك يفضل تراتيب الإنجاز التي تقلل من التزاماته المادية تجاه المتعاقد. وعندما تكون التراتيب المحتملة غير متوافقة مع التقديرات الزمنية والقيود المنطقية لكل نشاط ، يعاد تخصيص الموارد بين الأنشطة ،ويتم إنشاء تقديرات زمنية جديدة تؤدي إلى تراتيب انجاز جديدة تكون ذات نفع متبادل بين طرفي العقد من وجهة النظر الفنية والاقتصادية ، حيث يكون تحديد التقديرات وبالنتيجة تطورات المشروع فعالاً أثناء رقابة المشروع.

إذاً شبكة مسار بيرت نموذج شبكي يدعم عملية اتخاذ القرارات، ويعالج مشكلة تحديد أفضل المبادلات ما بين الاهتمامات المتناقضة لطرفي العقد.وبما أن السفينة التي تقوم بالرحلة البحرية موضوع تطبيقنا قد تكون مستأجرة من جهة ،وهناك عقد موقع بين الناقل والشاحن من جهة أخرى ،والهدف من الرحلة البحرية هو تحقيق ما ورد في نص العقد ضمن الشروط والقيود التي يتضمنها ،فإن اختيار نموذج شبكة مسار PERT سيمكن إدارة المؤسسة العامة للنقل البحري من اختيار تطور المشروع الملائم لها ،وبالشكل الذي يمكن من تخفيض التزاماتها ويدعم قرارها أثناء توقيع العقد.

نخلص مما سبق إلى ما يلي :

1- يعطينا تحليل زمن المشروع بوساطةPPNTمؤشرات عديدة عما هو متعارف عليه فيPERTالتقليدية، أي يوفر لنا معلومات أكثر عما سيجري أثناء عملية التنفيذ .

2- المسار في كل منPPNوPNهو سلسلة من الأحداث، لكن الأحداث في PPNهي حالات مسار ،بينما فيPNهي نقاط نهاية وبداية أنشطة معينة .

3- تعتمدPPNTعلى المعلومات المطلوب توافرها فيPNإلا أن النتائج تكون مؤكدة في صورة أكثر وأدق .

4- الجهد والوقت المطلوبان لتحليل زمن المشروع بوساطةPPNTأكبر مما هو مطلوب في تحليلPERTنظراً لكثرة المؤشرات المطلوب حسابها وصعوبة الطرائق المتبعة في عملية الحساب.

المبحث الثالث

تقنية التقويم البياني والمراجعة

Graphical Evaluation And Review Technique(GERT)

تمهيد :

تفترض نماذج شبكات الأعمال التقليدية أن أنشطة المشروع محددة بدقة و ستنجز تماماً ، و لا يمكن أن يبقى نشاط واحد دون تنفيذ طوال مدة المشروع، حيث تمثل الأنشطة من وجهة نظر علم الاحتمالات أحداثاً احتمالية أكيدةً ، تفترض هذه الشبكات بالإضافة إلى ما سبق أن كل نشاط ينجز بطريقة تنفيذية معينة ، لا تأخذ في الحسبان الطرائق البديلة والاختيارية لتنفيذ النشاط أو لتنفيذ المشروع، مما يجعل بنية تقسيم العمل خالية من وجود أي نشاط بديل لنشاط آخر .

وبما أن هذه الشبكات لا تسمح بوجود أسهم معكوسة الاتجاه فهي شبكات غير حلقية، لايمكن أن تبدأ أي سلسلة فيها من حدث معين وتنتهي عند ذلك الحدث، وبالتالي لا يتمكن منفذ الخطة من إعادة تنفيذ أي نشاط عند الاعتماد على هذه الشبكات التقليدية.

في الواقع، قد يكون انجاز نشاط معين ايجابياً أو سلبياً، ولا يمكن أن يكون الحالتين معاً، حيث لا يمكن أن تنفذ الأنشطة دائماً بنجاح، فاحتمال الإخفاق موجود، وعملية إعادة تنفيذ أي نشاط ممكنة في حال حدوث الخطأ في التنفيذ، وكذلك عملية البحث عن نشاط بديل في حال الإخفاق في الإنجاز.

وضع نموذج شبكةGERT (تقنية التقويم البياني والمراجعة) /Graphical Evaluation And Review Technique/ ليعالج قصور الشبكات التقليدية ويكون اكثر واقعية منها في تخطيط المشروع وجدولته زمنياً. هذا ويعد نموذج شبكة GERTتطويراً لنموذج شبكة PERTالتقليدية التي تنظر إلى المدة الزمنية اللازمة لإنجاز النشاط/Duration/ على أنها مقدار احتمالي، إلا أنGERTلا يقف عند هذا الحد بل يرى أن بنية الشبكة في شكلها الكليّ احتمالية في حد ذاتها وليس فقط زمن النشاط. نظراً لأن المشروعات لم تعد محصورة في بيئات مستقرة، تُعرّف طرائق إنجازها ويمكن تقدير زمن إنجازها بثقة.فوجد هذا النموذج ليلائم حاجات مثل :

" قد تكون بعض الأنشطة غير مطلوبة وليس هناك حاجة لإنجازها، أو قد تخفق أنشطة ما وتؤثر في أنشطة لاحقة "[1]، وربما تطلب الأمر إعادة إنجاز نشاط ما فيمثل بحلقة Loop back على شبكة

---

[1]Gaither, Norman – (1992) - Production and Operation Management ,p801مرجع سابق.

العمل، أي تحوي الشبكة أسهماً معكوسة الاتجاه، وهذا يتناقض مع قواعد الأنظمة التي تبنى على قواعدها نماذج شبكات الأعمال التقليدية .

سنوضح في هذا المبحث عناصر شبكةGERT وأنواعها ومؤشرات هذه العناصر مع تقديم مقارنة لهذا النموذج مع نماذج الشبكات الأخرى .

2-3-1- عناصر شبكة GERT ودلالاتها:

تتضمن شبكةGERT عناصر مختلفة عن تلك التي تمت الإشارة إليها في الشبكات التقليدية، ويكمن هذا الاختلاف في نوع هذه العناصر ودلالاتها وعددها، وتتمثل هذه العناصر بالأسهم والعقد:

2-3-1-1- الأسهم الموجهة:

نميز بين نوعين من الأسهم في شبكة GERT، **الأول:** أسهم موجهة وفق الاتجاه المعتمد في رسم الشبكة، **والثاني:** أسهم معكوسة الاتجاه تشكل الروابط العكسية والحلقات التكرارية التي تعد إحدى الصفات المهمة التي تميز شبكةGERT عن غيرها من النماذج الشبكية.

تمثل هذه الأسهم أنشطة المشروع المراد تنفيذه ، وتقسم هذه الأنشطة احتمالياً إلى نوعين:

- **أنشطة محددة:** تعد أحداثاً احتمالية أكيدة، أي لابد من إنجازها وتنفيذها حتى يستمر العمل في المشروع وينجز المشروع كاملاً، ويكون عندئذ احتمال تنفيذ هذه الأنشطة المحددة مساوياً للواحد الصحيح الموجب أي أن:

$$P_{(i,j)} = 1 \qquad (61\text{-}2)$$

حيث: $P_{(i,j)}$ احتمال تنفيذ النشاط (i,j).

و هذا يتلاءم مع أنشطة المشروعات في الشبكات التقليدية.

-**أنشطة احتمالية:** وهي الأنشطة التي تنفذ باحتمال معين يحقق العلاقة التالية:

$$0 \le P_{(i,j)} \langle 1 \qquad (62\text{-}2)$$

حيث أنه عندما يكون: $P_{(i,j)} = 0$ فإن النشاط(i,j) سيبقى دون تنفيذ طوال مدة المشروع ويشكل هذا النشاط عندئذ حدثاً احتمالياً مستحيلاً.

ولتمييز الأسهم التي تمثل الأنشطة المحددة عن تلك التي تمثل الأنشطة الاحتمالية، يرفق كل سهم بعدد يعبر عن احتمال تنفيذ النشاط ،فإذا كان هذا العدد (الاحتمال) مساويا للواحد فالنشاط محدد، أما في خلاف ذلك فهو نشاط احتمالي.

تشير الأسهم ذات الاتجاه المعكوس (الحلقات التكرارية) إلى أنه" من الممكن لنشاط أو لحدث معين أن يكون منفذاً أكثر من مرة واحدة."[1]

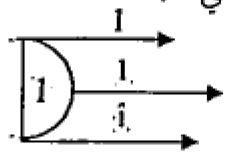
2-3-1-2- العقد: نميز في شبكةGERT الأنواع التالية من العقد:

أ– عقدة المصدر:Source Node

هي كل عقدة لا يصل إليها أي سهم بل ينطلق منها سهم أو أكثر ،حيث تمثل هذه العقدة حدث بداية المشروع.تبدأ الأنشطة الممثلة بالأسهم الصادرة بالزمن صفر، كما أن شبكة عمل المشروع المصممة وفق نظام شبكةGERT لا تحوي إلا عقدة مصدر واحدة، تعطى الرقم (1) .ولعقدة المصدر نوعان هما:

1 – عقدة مصدر محددة Deterministic Source Node:

أي أن الحدث الممثل بعقدة المصدر المحددة سيقع حتماً وتنفذ جميع الأنشطة الممثلة بالأسهم المنطلقة من هذه العقدة ، حيث يرافق هذه الأسهم العدد (1) المعبر عن احتمال تنفيذ النشاط، وتمثل هذه العقدة بيانياً كما في الشكل (2-19) التالي[2]:

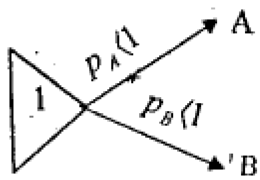


عقدة مصدر محددة

الشكل (2-19)

2–عقدة مصدر احتمالية :Probabilistic Source Node

سيقع الحدث الممثل بهذه العقدة حتماً، فالحدث ليس احتمالاً بطبيعته بل إن الأنشطة الممثلة بالأسهم المنطلقة من الحدث الممثل بعقدة مصدر احتمالية لا تنفذ جميعاً، وسينفذ نشاط واحد فقط بما يتفق مع الاحتمال المدون على هذه الأسهم والذي يحقق العلاقة (2-62) ،حيث يبدأ هذا النشاط بالزمن صفر. وتمثل هذه العقدة بيانياً كما في الشكل (2-20)التالي:



عقدة مصدر احتمالية

الشكل (2-20)

---

[1] جنود ، علي – (2000) – بحث علمي بعنوان : تنسيق انجاز المشاريع البنائية في حال تحديد الموارد باستخدام ألغوريتم المصفوفات، كلية الهندسة المدنية ، جامعة تشرين ، اللاذقية، ص 10 .

[2] Moder, J. And Others – (1983)- Project Management With CPM, PERT,p323,

ـ مرجع سابق ـ

نشير إلى أن:" مجموع الاحتمالات المرافقة للأسهم المنطلقة من عقدة المصدر الاحتمالية يساوي الواحد الصحيح الموجب"[1]، أي أن :

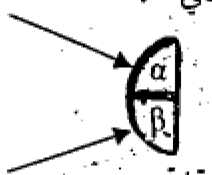
$$\sum_{k=1}^{n} P_{(i,j)_k} = 1 \qquad (63-2)$$

حيث أن n : عدد الأنشطة الممثلة بالأسهم الخارجة من العقدة و $k = 1,2,3,......n$.

ب– عقدة المصب Sink Node:

عقدة المصب عقدة محددة لا ينطلق منها أي سهم بل تصل إليها أسهم متعددة أو سهم واحد فقط. تمثل عقدة المصب حدث نهاية المشروع، حيث تحتوي شبكة GERTعلى عدد من أحداث النهاية الممثلة بعقدة المصب على عكس ما رأينا في الشبكات التقليدية التي تتضمن حدث نهاية وحيداً ينتهي المشروع بوقوعه.

يتحقق المشروع المخطط وفق نموذج شبكةGERT عند وقوع حدث نهاية واحد أو جميع حوادث النهاية الممثلة بعقد المصب السابقة،حيث تعبر عقد المصب عن النتائج المختلفة لانتهاء المشروع.وتمثل عقدة المصب بيانياً بنصف دائرة كما في الشكل التالي[2]:



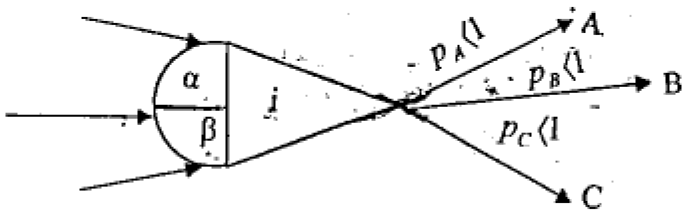
الشكل (2-21)

جـ – عقدة إحصائية : Statistical Node

هي عقدة احتمالية Probabilistic Node وليست عقدة مصدر أو مصب ،حيث ينطلق منها سهم أو أكثر كما يدخل إليها سهم أو أكثر، وليس بالضرورة أن تكون الأسهم الداخلة إليها ممثلة لأنشطة احتمالية فقد تكون أنشطة محددة ،وذلك حسب العقدة التي تنطلق منها تلك الأسهم التي تصل الى العقدة الإحصائية، بالإضافة الى ذلك ينبغي أن تكون الأنشطة الممثلة بالأسهم الصادرة عن تلك العقدة أنشطة احتمالية، بوقوع الحدث الممثل بالعقدة الإحصائية سوف يتم انجاز نشاط من تلك الأنشطة وذلك حسب الاحتمال المرافق لكل سهم. وكما رأينا سابقاً فإن من الضروري أن يكون

[1] Moder,J.And Others – (1983)- Project Management With CPM, PERT,p323، مرجع سابق.
[2] المرجع السابق ، ص 323 .

مجموع الاحتمالات المرافقة للأسهم المنطلقة من العقدة الإحصائية (الاحتمالية) مساوياً للواحد الصحيح،أي يحقق العلاقة (2-63)السابقة. وتمثل هذه العقدة بيانياً كما في الشكل التالي [1]:

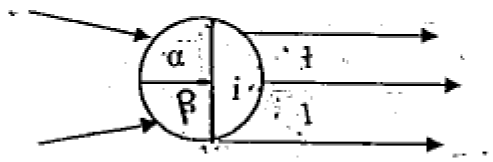


عقدة إحصائية

الشكل (2-22)

د- عقدة العلامة :Mark Node

عقدة محددة يصل إليها سهم أو أكثر وينطلق منها سهم أو أكثر، و تكون الأنشطة الممثلة بالأسهم الصادرة عنها أنشطة محددة، ويكون احتمال إنجازها يساوي الواحد الصحيح، فعندما يقع الحدث الذي تمثله عقدة العلامة يبدأ إنجاز الأنشطة المحددة ، أما الأنشطة الممثلة بالأسهم الداخلة إليها فقد تكون أنشطة محددة أو أنشطة احتمالية، وذلك حسب نوع العقدة التي تصدر عنها تلك الأسهم.تمثل عقدة العلامة بيانياً كما في الشكل التالي[2]:



عقدة علامة:

الشكل رقم (2-23)

إذن عقدة العلامة ليست عقدة مصدر أو مصب.

2-3-2- مؤشرات عناصر شبكةGERT:

رأينا في الشبكات التقليدية المصممة وفق نظام AOA أن للحدث مؤشرات خاصة به وللنشاط مؤشرات محددة أيضاً ، وهذا ما ينطبق على شبكاتGERT إلا أن المؤشرات الخاصة بعقدها وأنشطتها تختلف عن تلك في الشبكات التقليدية من حيث الكم والنوع .

---

(1) الصدي ،فتحي وغسان القاضي -(1993)- تنظيم المشروعات وإدارتها "1" مرجع سبق ذكره ، ص 178-179.

(2) المرجع السابق ، ص 179.

1-2-3-2 مؤشرات عقد شبكةGERT :

تتمثل مؤشرات العقد في شبكةGERT فيما يلي:

"α: عدد مرات إنجاز الأنشطة الممثلة بالأسهم الداخلة إلى العقدة و اللازمة لوقوع الحدث الممثل بالعقدة للمرة الأولى.

β : عدد مرات إنجاز الأنشطة الممثلة بالأسهم الداخلة إلى العقدة واللازمة لوقوع الحدث الممثل بعقدة المرات اللاحقة "[1]." وقد يكون عدد مرات الإنجار أكبر من عدد الأنشطة الممثلة بالأسهم الداخلة إلى العقدة "[2] .

i: رقم الحدث الممثل بالعقدة .حيث انه عندما يكون :

$\beta = \alpha$ فالحدث الممثل بالعقدة ينفذ مرة واحدة فقط.

$\beta=0 = \alpha$ فالحدث ممثل بعقدة مصدر لذلك عقدة المصدر لها رقم فقط يساوي الواحد،ويوضع على العقدة كما في الشكل (2-19)السابق .

$\beta \rightarrow \infty$: عندئذ حدث نهاية المشروع ممثل بعقدة مصب ، أي أن الأحداث الممثلة بعقد مصب لا تقع إلا مرة واحدة فقط .

و تتوضع هذه المؤشرات على العقد كما توضح الأشكال السابقة (2-19)، (2-20)، (2-21) ، (2-22)،(2-23) .

رأينا في الشبكات التقليدية المصممة وفق نظام AOA أن جميع أحداث الشبكة تقع مرة واحدة فقط ،وذلك عندما تنجز جميع الانشطة الممثلة بالأسهم الداخلة الى الدائرة الممثلة للحدث بيانياً، بينما نجد في شبكاتGERT أن أحداث نهاية المشروع الممثلة بعقد المصب تقع مرة واحدة فقط بينما تقع الأحداث الباقية الممثلة بالعقد الإحصائية وعقد العلامة مرة واحدة أو أكثر.

2-2-3-2- مؤشرات النشاط في شبكة GERT :

يرى نموذج شبكةGERTأن زمن النشاط متغير عشوائي يخضع لتوزيع احتمالي معين، ولا يشترط أن تكون أزمنة جميع الأنشطة خاضعة للتوزيع الاحتمالي نفسه ،فزمن كل نشاط معين له توزيع احتمالي خاص به . من أهم المؤشرات التي يجب تحديدها لزمن كل نشاط بناء على التوزيع الاحتمالي الخاص به:

---

(1) Dawson,cw,and RJ Dawson – (1994) –clariffication of Node Representation in Generalized Activity Networks for practical Project Management ,p 83,مرجع سبق ذكره .

(2)الصدي،فتحي وغسان القاضي-(1993)-تنظيم المشروعات وإدارتها"1"مرجع سبق ذكره ص181.

1- رقم التوزيع الاحتمالي الخاضع له النشاط /td/ :Code Of Type Distribution

يوجد لكل توزيع احتمالي رقم خاص بهCode ،ويجب على المخطط اختياره للدلالة على نـوع التوزيع الاحتمالي الذي يخضع له زمن كلّ نشاط من أنشطة المشروع، "فمثلاً يأخذ التوزيع الاحتمالي الطبيعي Normal Distribution الرقم (td=2)،أما توزيع β فيأخذ الرقم (td=7)،وتوزيـعβ الثلاثـي المستخدم في تقدير أزمنة أنشطة شبكةPERT فيأخذ الرقم (td=9) " .....الخ.[1]

2-مجموعة المؤشرات الزمنية:Time Parameters Set /tp/

يقصد بها مجموعة القيم المميزة للتوزيع الاحتمالي، فمثلاً في توزيع بيتاβ الثلاثـي (tp=3)،أي أن المؤشرات الزمنية المطلوبة لهذا التوزيع هي:

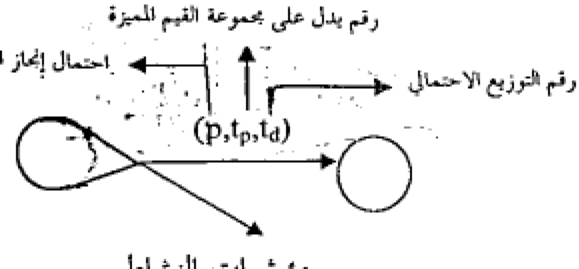
- الزمن المتفائل a .
- الزمن المتشائم b.
- الزمن الأكثر احتمالاً m .

3- احتمال انجاز النشاط وتحقيقه : $P_{(i,j)}$.

يعبر عن إمكانية تنفيذ النشاط،وكما رأينا سابقاً أن قيمة هذا الاحتمال مساوية للواحد إذا كـان النشاط محدداً،أما إذا كان النشاط غير محدد فاحتمال إنجازه يحقق العلاقة (2-62) السابقة.

4- رقم النشاط : Activity' s Number

رأينا في الشبكات التقليدية المصممة وفق نظام AOAأن النشاط يوصف برقمي حـدث بدايتـه وحدث نهايته، هذا ويفضل بعض المخططين الإشارة الى النشاط في شبكةGERT بالأسـلوب نفسـه، والبعض الآخر يعمد إلى استخدام رقم خاص بالنشاط. وتظهر هذه المؤشرات علـى السـهم الممثل للنشاط كما في الشكل التالي[2]:



الشكل (2-24)

[1] الصدي،فتحي وغسان القاضي-(1993)-تنظيم المشروعات وإدارتها"1"مرجع سبق ذكره ص182.
[2] المرجع السابق، ص182-183.

2-3-3-المحاكاة باستخدام شبكة GERT :

يعرّف أسلوب المحاكاة Simulation بأنه :"أسلوب يتضمن بناء أحد النماذج التي تصف موقفاً أو ظاهرة موجودة في الحياة العملية بطريقة تسمح بإمكانية إجراء بعض التجارب لاختيار جانب أو أكثر من جوانب هذه الظاهرة. ويتضمن نموذج المحاكاة استخدام النماذج الرياضية التي تسمح بالتعبير عن المتغيرات التي تصف الظاهرة موضوع البحث تعبيراً كمياً بشكل يمكن معه إجراء العديد من الاختبارات لقياس مدى تأثر النتائج بالتغير في شكل أو قيمة المعطيات الأساسة للنموذج "[1].

يطبق أسلوب المحاكاة في إدارة المشروعات " عندما يكون من غير الممكن إجراء التجارب على المشروع الأصلي أو تكون تكلفة هذه التجارب باهظة الثمن أو في حال عدم وجود المشروع"[2](لأنه ليس قائماً بعد). ولإجراء المحاكاة باستخدام شبكة GERT التي تعدُّ النموذج الذي يعكس صفات المشروع الأساس والعلاقات بين أنشطته والذي ستجرى عليه التجارب بالنظر إلى الطبيعة الاحتمالية لهذه الشبكة ولعدد كبير من المرات ليتم الحصول على نتائج يمكن تطبيقها على المشروع الأصلي.

يمكننا إجراء المحاكاة باستخدام برنامج حاسوب جاهز يدعى[*]GERT-IIIZ الذي يحوي جميع التوزيعات الاحتمالية(11 توزيعاً احتمالياً)، ولكل منها رمز خاص به ومجموعة أعداد مميزة تابعة له، وعلى المخطط أن يقوم بإدخال شبكةGERT والمعلومات الخاصة بأنشطتها وحوادثها إلى الحاسوب الذي يقوم تلقائياً بإجراء المحاكاة، حيث ينفذ المشروع وكأنه فعلاً ينفذ في الواقع ولعدد كبير من المرات. وبمعرفة مؤشرات التوزيعات الاحتمالية التي يخضع لها زمن كل نشاط ،يمكننا أن نولد الأرقام العشوائية الخاضعة لهذه التوزيعات الاحتمالية، فمثلاً لتوليد الأرقام العشوائية الخاضعة لتوزيع بيتا الاحتمالي المعرف على المجال [0,1]كما يلي:[3]

1. يأخذ هذا التوزيع الشكل التالي:

$$f_x = \left| \frac{\Gamma_{(\alpha+\beta)}}{\Gamma_{(\alpha)}.\Gamma_{(\beta)}} x^{\alpha-1}.(1-x)^{\beta-1} \right. \qquad 0 \le x \le 1 \qquad (64\text{-}2)$$

---

(1) عثمان ، سعيد عبد العزيز – (2000)- "دراسات جدوى المشروع بين النظرية والتطبيق" – الدار الجامعية ،كلية التجارة،الإسكندرية ،ص334.

(2) الصدي،فتحي وغسان القاضي-(1993)-تنظيم المشروعات وإدارتها"1"مرجع سبق ذكره ،ص184.

(*) تم الاقتصار في هذا المبحث على عرض أسس هذا النموذج ومؤشرات عناصر الشبكة ودلالات هذه العناصر، و لم نتطرق إلى حساب هذه المؤشرات، وذلك بسبب عدم امكانية الحصول على البرنامج GERT-IIIZ الذي يمكننا من القيام بالمحاكاة .

(3) العلي ، ابراهيم (2004)"مدخل إلى بحوث العمليات "،طبعة ثانية معدلة ومضافة ،منشورات جامعة تشرين،ص594-597.ولمزيد من الاطلاع حول توليد الأرقام العشوائية الخاضعة للتوزيعات الاحتمالية الأخرى.

حيث: $\alpha\rangle 0$,$\beta\rangle 0$ وسطاء التوزيع. $\Gamma_{(\alpha)}=\int_0^\infty x^{\alpha-1}e^{-x}dx$ قيمة تكامل غاما.

2. نوجد أكبر قيمة للتوزيع السابق(M)، وذلك من خلال حساب المشتق ووضعه مساوياً للصفر، فنحصل على العلاقة التالية:

$$x=\frac{\alpha-1}{\alpha+\beta-2}=Mod \quad \text{المنوال} \qquad (65\text{-}2)$$

3. نقوم بتوليد رقمين عشوائيين منتظمين في المجال [0,1]مثل R_1,R_2.

4. نقارن قيمة R_2 مع الكمية $\frac{f(R_1)}{M}$ حيث:

$$\frac{f(R_1)}{M}=\frac{\frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma[\beta]}.R_1^{\alpha-1}(1-R_1)^{\beta-1}}{M} \qquad (66\text{-}2)$$

5- إذا كانت $R_2\leq\frac{f(R_1)}{M}$ فإن R_1 يخضع لتوزيع بيتا السابق وفي حال كانت $R_2\rangle\frac{f(R_1)}{M}$، نرفض الرقمين العشوائيين R_1,R_2، ونعيد التجربة بقدر ما تقتضيه شروط المحاكاة.

نخلص من المحاكاة باستخدام شبكةGERTإلى نتائج ومعلومات هامة حول المشروع الأصلي منها :

القيم المتوقعة لزمن انجاز عمليات المشروع ، والانحراف المعياري لذلك الزمن،احتمال إنجاز كل عملية من عمليات المشروع.

ومن الجدير بالذكر أن نموذج شبكةGERT يطبق في المشروعات القائمة والجديدة ،حيث تعدُّ دورة إنتاج السلعة أو الخدمة في المشروعات القائمة هي المشروع المراد التخطيط له ، و نخلص عندئذ إلى مؤشرات عن السلعة تتمثل بالمدة الزمنية المتوسطة اللازمة لإنتاج السلعة من البداية حتى مرحلة النقل.بالإضافة إلى الانحراف المعياري لتلك المدة.

4-3-2- مقارنة بين النماذج (CPM,PERT,GERT):

نخلص مما سبق الى المقارنة التالية بينCPM,PERT,GERT

GERT	PERT	CPM
1- الزمن يخضع لتوزيع احتمالي معين ولا يشترط أن يكون لجميع أنشطة المشروع التوزيع ذاته.	1- الزمن يخضع لتوزيع احتمالي غالباً توزيع بيتا والأنشطة جميعها لها التوزيع نفسه.	1- الزمن مقدار ثابت.
2- أسهم الشبكة موجهة بعضها يكون بعكس الاتجاه المعتمد في رسمها ،حيث يدل على الروابط العكسية ووجود الحلقات التكرارية.	2-أسهم الشبكة لها اتجاه واحد هو المعتمد في رسمها .	2- الأسهم لها الاتجاه نفسه.
3- الأنشطة نوعان: – محددة. – احتمالية.	3- الأنشطة محددة.	3- الأنشطة محددة.
4- قد تبقى أنشطة ممثلة على الشبكة دون تنفيذ طوال مدة المشروع(الانشطة الاحتمالية).	4- يجب تنفيذ أنشطة المشروع جميعها حتى ينجز المشروع بشكل نهائي.	4- أنشطة المشروع جميعها يجب أن تنفذ ولايمكن أن يبقى نشاط بدون تنفيذ.
5- أحداث الشبكة محددة واحتمالية.	5- أحداث الشبكة محددة فقط.	5-أحداث الشبكة تمثل بدوائر لها نوع واحد فقط هو الأحداث المحددة.
6- تحوي الشبكة أحداث نهاية متعددة.	6- لشبكة العمل حدث نهاية واحد فقط.	6- تتضمن الشبكة حدث نهاية واحداً فقط.

تابع المقارنة :

GERT	PERT	CPM
7- آلية وقوع الحوادث متكررة والأنشطة قد تنفذ أكثر من مرة.	7- كما في CPM .	7-يقع الحدث مرة واحدة فقط وينفذ النشاط مرة واحدة فقط .
8-لشبكة GERTحدث بداية واحد (عقدة مصدر)	8- حدث بداية واحد في شبكة العمل.	8- تحوي الشبكة حدث بداية واحداً فقط .
9-تطبق في مشروعات مؤكدة وغير مؤكدة .	9- تطبق في تخطيط ورقابة المشروعات التي تنفذ في بيئة غير مؤكدة .	9- يمكن تطبيقها في المشروعات التي تنفذ في بيئة تتسم بالتأكد .

المبحث الرابع

تحليل القيمة المحققة

Earned Value Analysis

تمهيد:

نستعرض في هذا المبحث رقابة تكلفة أنشطة المشروع من خلال تحليل القيمة المحققة ، ومعرفة التكلفة الإضافية التي يتحملها المشروع نتيجة تأثير الظروف الجوية السيئة التي تعيق عملية التنفيذ أو توقفها مؤدية إلى زيادة المدة الزمنية اللازمة لتنفيذ العمل أكثر من تلك المتوقعة . إضافة إلى ذلك يمكن تحديد التكلفة الإضافية الناجمة عن التزويد غير المنتظم للموارد ، أي نسعى من خلال هذا المبحث إلى دراسة تأثير العوامل التالية على الخطة الزمنية المثلى :

- تغيرات مستويات أسعار المواد الداخلة في عملية التنفيذ (زيادة في حالة التضخم، انخفاض في حالة الانكماش) . وما ينجم عن هذه التغيرات من انحراف في التكلفة .
- انحراف التكلفة الناجم عن الهدر في استخدام الموارد .
- الظروف الجوية السيئة .
- التزويد غير المنتظم للموارد .

2-4-1- مفهومات أساسة :

يعتمد تحليل القيمة المحققة على مقارنة قيمة الأعمال المنجزة مع القيمة المقدرة للأعمال المجدولة ولتوضيح عملية التحليل هذه نسوق فيما يلي مجموعة من المفهومات التي يعتمد عليها هذا التحليل :

1- الزمن الحالي Time Now:"ويدعى أحياناً التقدم حتى تاريخ معين Progress To Date أو التقدم في نهاية الأسبوع Progress At Week –Ending، وتستخدم هذه المصطلحات لترشد المخطط إلى التاريخ الذي ينبغي أن تجمع عنه البيانات وتسجل."[1]

2- الميزانية المقدرة لإتمام العمل Budget At Completion /BAC/: وتعبر عن المبالغ المطلوبة لإتمام العمل ، ولا تتضمن الربح، وقد تحسب على قاعدة ساعات العمل.

---

[1] Burke ,Rory –(1992):"Project Management , p273 , مرجع سابق.

3- نسبة الإتمام Percentage Complete /PC/:[1] وهي مقياس لإنجاز الأنشطة وتقدمها حتى الزمن الحاضر ويمكن حسابها على قاعدة الزمن المتبقي الذي يشير إلى الزمن المقدر اللازم لإتمام النشاط بدءاً من الزمن الحالي.

2-4-2- المؤشرات المطلوب تقديرها لتحليل القيمة المحققة:

يقدم لنا تحليل القيمة المحققة معلومات إضافية لمعرفة الإنفاق حتى تاريخ معين، والأسباب التي أدت إلى انحرافه عن حجم الإنفاق المجدول، ولتحديد ذلك ينبغي تقدير المؤشرات التالية:

1- تقدير BAC لكل نشاط من أنشطة المشروع.

2- تحديد الزمن الحاضر الذي سيجري على قاعدته تحليل القيمة المحققة ورقابة التكلفة عند ذلك التاريخ .

3- تقدير P'C المخططة لكل نشاط في المشروع.

4- حساب التكلفة المقدرة للأعمال المجدولة للإنجاز حتى زمن معين /BCWS/Budgeted Cost For Work Scheduled، وذلك لكل نشاط من أنشطة المشروع ، أي تقدير الوحدات النقدية أو ساعات العمل اللازمة لإنجاز الأعمال التي جدولت حتى تاريخ معين وذلك باستخدام المعادلة التالية :[2]

$$BCWS = P'C \times BAC \qquad (67\text{-}2)$$

أي أن التكلفة المقدرة للأعمال المجدولة ليست إلا حاصل جداء الميزانية المقدرة لإتمام العمل حتى تاريخه بنسبة الإتمام المخططة .

5- حساب BCWS للمشروع كلّه، والتي تساوي مجموع BCWS الخاصة بأنشطته ورسم المنحني الممثل لها والذي يعد أساس الخطة .

6- حساب PC الفعلية ، وذلك من خلال تتبع أحوال المشروع في أوقات متعاقبة وعند كل زمن حالي .

---

[1] Burke ,Rory –(1992):"Project Management , p273 , مرجع سابق.

[2] زايد، مصطفى (1997): إدارة المشروعات ، مرجع سبق ذكره ، ص131.

7- حساب التكلفة الفعلية للعمـــل المنجــز ACWP/Actual Cost For Work Performed/ وتعبر عن"كمية النقود(أو ساعات العمل) المنفقة حتى تاريخه على جميع الأنشـــطة الـــتي أنجزت نهائياً أو بشكل جزئي"[1] عند الزمن الحالي المأخوذ في الحسبان .

8- حساب التكلفـــة المقـــدرة للأعمـــال المنجـــزة BCWP/Budgeted Cost For Work Performed/ والتي تدعى القيمة المحققة Earned Value ،وتحسب من العلاقة التالية[2]:

$$BCWP=PC\times BAC \qquad (68\text{-}2)$$

تعبر BCWP عن كمية النقود المنفقة في المشروع والمقدرة لأجل الأعمال التي أنجـــزت بشكل نهائي أو جزئي عند تاريخ محدد ، أو عدد ساعات العمل التي يتطلبها إنجاز هـــذه الأعمال .

9- تقدير زمن إنجاز الأعمال :لتقدير هذا المؤشر نعمد إلى رسم منحني القيمة المحققـــة حـــتى الزمن الحالي ، وذلك بافتراض أن العمل يتطور ويتقدم كما هو مخطط له ، ويمكننا مـــن خلال التمديد للمنحني وتقاطعه مع منحني BAC أن نحدد زمن الإنجاز بوســـاطة نقطـــة تقاطع المنحنيين .

10- حساب التكلفة الفعلية للعمل المنجز حتى الـــزمن الحـــالي ACWP/Actual Cost For Performed/ ،ورسم المنحني الممثل لهذه التكلفة وتمديده حتى نقطة التقاطع السابقة الـــتي تعطينـــا تقـــديراً لمؤشـــر التكلفـــة المنقحـــة لإنجـــاز العمـــل EAC/Estimate At Completion/ ،حيث يعبر هذا المؤشر عن "التكلفة المقدرة لإنجاز العمل والمحســـوبة مـــن إعادة التقدير بناء على الإنتاجية الحالية التي يفترض استمرارها بالمعدل نفسه مـــن الـــزمن الحالي حتى نهاية المشروع ،وتحسب بالعلاقة التالية "[3]:

$$EAC=(ACWP/BCWP)\times BAC \qquad (69\text{-}2)$$

حيث تشير النسبة (ACWP/BCWP) إلى معدل الإنتاجية الحالية.

تمكننا المعادلة السابقة من تقدير تكلفة المشروع بشكل إجمالي عندما يتم إنجازه .

---

(1) Bennett, F. Lawrence –(1996): The Management Engineering ,Human Quality Organizational Legal ,and Ethical Aspects of professional ,practice ,John Wiley &Sons, INC.U.S.A.,P216

(2) زايد ،مصطفى –(1997): إدارة المشروعات ،مرجع سابق ، ص 131.

(3)Burke ,Rory ,(1992):project Management ,p275-276 ،مرجع سابق .

2-4-3- تحليل القيمة المحققة: EVA/Earned Value Analysis/

تستخدم القيمة المحققة لأجل رقابة التكلفة في المشروعات، وتحديد الانحرافات في عملية الإنفاق، وأسباب هذه الانحرافات وذلك باستخدام المقاييس التالية :

أ- تباين الجدولة: SV/Scheduled Variance/

يقارن بين التكلفة المقدرة للعمل المجدول للإنجاز وبين التكلفة المقدرة لما أنجز فعلاً من عمل في المشروع (أي القيمة المحققة)حتى تاريخ معين .أي أن:

$$SV=BCWP-BCWS \quad (70\text{-}2)$$

فإذا كانت :

SV>0:المشروع تعدى التقدم المخطط له .

SV<0:المشروع متأخر عما هو مخطط له، أي ما أنجز فعلاً أقل مما هو مجدول لينجز.

SV=0: يجري تنفيذ المشروع كما هو مخطط له تماماً.

يحسب هذا التباين لكل نشاط، ومن ثم للمشروع كلّه، ولكن يفضل حسابه كنسبة مئوية للتخلص من أثر حجم النشاط و ذلك من خلال المعادلة التالية :[1]

$$SV\%= (SV/BCWS)\times 100 \quad (71\text{-}2)$$

ب – تباين التكلفة :[2] CV/Cost Variance/

يعبر عن الفرق بين القيمة المحققة وبين التكلفة الفعلية للعمل المنجز أي:

$$CV=BCWP-ACWP \quad (72\text{-}2)$$

حيث أن :

CV>0: التكلفة الفعلية أقل مما هو مخطط.

CV<0: التكلفة الفعلية أكبر مما هو مخطط .

CV=0: التكاليف الفعلية مساوية للتكاليف المخططة .

لتخفيض أثر حجم النشاط يحسب هذا التباين كنسبة مئوية كما يلي :

(1) Burke ,Rory, (1992):Project Management ,p277 , مرجع سابق .

(2) المرجع السابق ، p277.

$$CV\% = (CV/BCWP) \times 100 \qquad (73\text{-}2)$$

نشير هنا إلى ضرورة الانتباه إلى نقطة أساسة وهي التغيرات في مستويات الأسعار التي تميل عادة للانخفاض في ظل الانكماش، وللارتفاع في حالة التضخم التي يمر فيها الاقتصاد. حيث ينتج عن هذه التغيرات في مستويات الأسعار تغيرات في قيمة النقود ،مما يجعل قيم المؤشرات المحسوبة (المقدرة والفعلية) غير صحيحة .حيث ينبغي على المخطط أن يزيد قيم كل من BCWP,BCWS(المقدرتين بوحدات نقدية)في حالة التضخم، وذلك بمقدار نسبة الزيادة التي طرأت على الأسعار أو تخفيض ACWP بمقدار نسبة الزيادة في الأسعار ،و تدعى عندئذ بالتكلفة المنكمشة للعمل المنجزDCWP/Deflated Cost Of Work Performed/،ويتم القيام بعكس ذلك في حالة الانكماش .عندئذ يمكننا تقسيم تباين التكلفة/CV/إلى قسمين:[1]

1- تباين التضخم:IV/Inflation Variance/ والذي يعطى بالعلاقة التالية :

$$IV = DCWP - ACWP \qquad (74\text{-}2)$$

2- تباين الإنفاق :EV/Expenditure Variance/ حيث أن :

$$EV = BCWP - DCWP \qquad (75\text{-}2)$$

ينبغي على مدير أي مشروع أن يقوم برقابة (EV)،وذلك من خلال تقسيم التكاليف المختلفة إلى الحالة الموضحة أعلاه ، حيث أن تباين التضخم لا يمكن مراقبته، بل يراقب (EV) فقط،وتحدد أسبابه بغية معالجتها ومكافحة الهدر.

جـ- التباين الكلي :TV/Total Variance/ :

ويساوي مجموع تبايني التكلفة والجدولة، ويعبر عن الفرق مابين التكلفة المقدرة للأعمال المجدولة والتكلفة الفعلية للأعمال التي أنجزت فعلاً، ويعطى بإحدى العلاقتين التاليتين[2] :

$$TV = SV + CV \qquad (76\text{-}2)$$

$$TV = BCWS - ACWP \qquad (77\text{-}2)$$

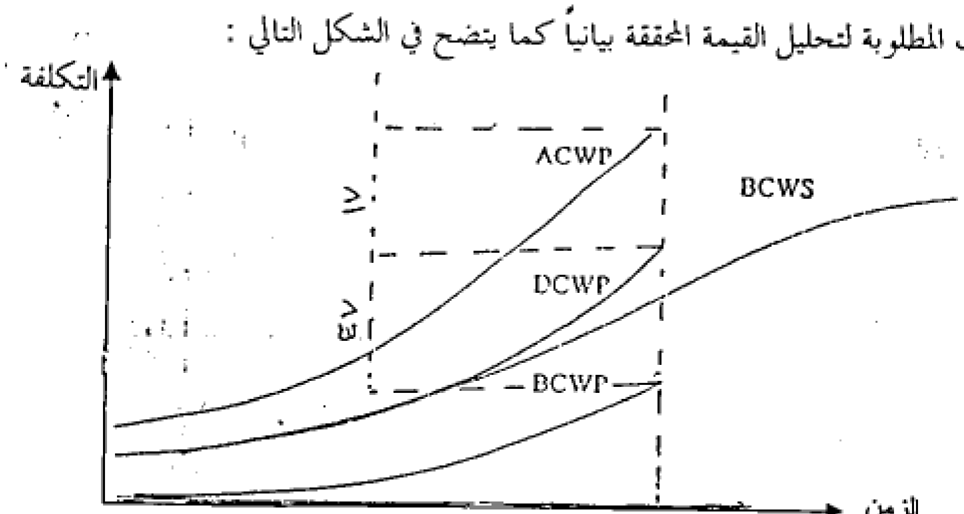
ويعرّف التباين الكلي على أنه :"الفرق بين نقطة على منحني التقدم الأساس عند تاريخ التحليل والتكلفة الحقيقية عند التاريخ نفسه. هذا ويستخدم التباينان الآخران(SV,CV)لأجل توضيح التباين الكلي.

---

[1] Burke ,Rory, (1992):Project Management ,p286 , مرجع سابق .

[2] Bennett, F. Lawrence,(1996): The Management Engineering, p216 , مرجع سابق .

تظهر المؤشرات المطلوبة لتحليل القيمة المحققة بيانياً كما يتضح في الشكل التالي :



الشكل (2-25)

نورد تطبيقاً عملياً على تحليل القيمة المحققة، وحساب كل من التكلفة المقدرة للأعمال المجدولة والتكلفة الفعلية، وكذلك التكلفة المقدرة للأعمال المنجزة عند الزمن الحاضر.نفترض أن مشروعاً ما مؤلف من خمسة أنشطة يوضح الجدول التالي علاقات الأسبقية بينها والمؤشرات المقدرة لتلك الأنشطة :

جدول (2-1) أنشطة المشروع وعلاقات الأسبقية بينها ومؤشراتها *

النشاط	زمن مقدر	تكلفة مقدرة BAC	الوقت الحالي 4 أيام تكلفة فعلية	الوقت الحالي 4 أيام نسبة الإتمام	الأنشطة السابقة	الأنشطة اللاحقة
1	1	500	460	100	-	2,3
2	2	600	690	100	1	4
3	3	300	300	90	1	5
4	2	400	150	30	2	-
5	1	200	0	0	3	-

ويفترض أن التكاليف تتم بصورة منتظمة وأن الزمن الحاضر هو اليوم الرابع .نجد من المعلومات السابقة أن زمن إنجاز المشروع المقدر هو 5 أيام.نوجد التكلفة المقدرة للأعمال المجدولة / BCWS /.

* المصدر:زايد ،مصطفى "ادارة المشروعات " مرجع سابق،ص135 .

جدول (2-2)التكلفة المقدرة للأعمال المجدولة*

الأيام / رقم النشاط	BAC	1	2	3	4	5
1	500	500				
2	600		300	300		
3	300		100	100	100	
4	400				200	200
5	200					200
التكاليف اليومية	2000	500	400	400	300	400
BCWS		500	900	1300	1600	2000
المخططةPC=BCWS/BAC%		25	45	65	80	100

جدول(2-3)تحليل القيمة المحققة**

النشاط	BAC	BCWS	PC% فعلية	BCWP	ACWP	SV%	CV%	EAC
1	500	500	100	500	460	0	8	460
2	600	600	100	600	690	0	15	690
3	300	300	90	270	300	-10	-11	333
4	400	200	30	120	150	-40	-25	500
5	200	0	0	0	0	0	0	200
الإجمالي	2000	1600		1490	1600	-7	-10	2183

بافتراض حدوث تغيرات طارئة على مستويات أسعار المواد الداخلة في عملية تنفيذ المشروع وذلك بنسبة 5% عما كانت عليه، عندئذ سينخفض ACWP بنسبة 5% أو يزداد BCWP , BCWS بنفس النسبة كما يلي:

DCWP	EV	IV
437	63	-23
655.5	55.5	-34.5
285	-15	-15
142.5	-22.5	-7.5
0	0	0

* المصدر: زايد ،مصطفى " ادارة المشروعات"، مرجع سابق ،ص136.

** المصدر: زايد ،مصطفى " ادارة المشروعات"، مرجع سابق ،ص136.

2-4-4- التكلفة الإضافية الناتجة عن تأثير الظروف الجوية في عملية تنفيذ المشروع:

من أهم العوامل التي تؤثر في تنفيذ الخطة الزمنية المثلى للمشروع عوامل المناخ (الحرارة – الرطوبة – الرياح- الأمطار...الخ .) التي ترافق تنفيذه ، لأن الظروف الجوية السيئة تؤدي إلى زيادة التكلفة وتخفيض جودة العمل المنجز ،وقد تؤدي إلى توقف العمل أحياناً لمدة من الزمن[1]. ولدراسة تأثير هذه العوامل تم إدخال مفهوم عامل الإنتاجية قياساً بالزمن .الذي يعطينا فكرة عن التأثير السلبي للظروف الجوية السيئة، وذلك من خلال تقدير عدد الأيام التي سيتوقف فيها العمل نتيجة العوامل الجوية السيئة ، ويعطى عامل الإنتاجية لمرحلة فرعية (أو لنشاط) في المشروع في المعادلة التالية:[2]

$$\beta_{ij} = \frac{\alpha'_{ij} - \alpha_{ij}}{\alpha'_{ij}} \qquad (78\text{-}2)$$

حيث أن β_{ij} :عامل الإنتاجية للمرحلة الفرعية i خلال الوحدة الزمنية j.

α'_{ij} :أيام العمل النظامية المقدرة لهذه المرحلة الفرعية i خلال الوحدة الزمنية j بعد استبعاد أيام العطل النظامية والمناسبات والأعياد الرسمية .

α_{ij}:عدد الأيام التي يتوقف فيها العمل بسبب الظروف الجوية السيئة للمرحلة i خلال الوحدة الزمنيةj.

يحقق عامل الإنتاجية العلاقة التالية : $0 \le \beta_{ij} \le 1$.

$\beta_{ij} = 0$:التأثير السلبي للظروف الجوية كبير جداً ويوقف العمل نهائياً.

$\beta_{ij} = 1$:التأثير معدوم للظروف الجوية.

وكلما اقتربت قيمة معامل الإنتاجية من (1) كلما قلّ التأثير السلبي لتلك العوامل .ولتقليل تأثير هذه العوامل ينبغي القيام بتنفيذ المشروع في ظروف جوية جيدة لتخفيض التكاليف الإضافية التي ستترتب على عاتق المشروع. يمكننا تقدير الأعمال المنجزة في المشروع باستخدام ما يلي:[3]

1- باستخدام وحدات القياس (وحدة ، متر ، متر مكعب ، طن ...الخ).

---

(1) Hallingan ,David, W.& Others :"Action-Response Model And Loss of Productivity In Construction" Journal of construction Engineering and Management ,vol.120 ,No.1,MAR. 1994,P57

(2) Koehn ,E.,& Brown , J.(1985) :Climatic Effects On Construction , Journal of construction Engineering and Management, ASCE P 305.

(3) Heyel ,CARL.(1968): The Encyclopedia of Management Reinhold Book Corporation , P756,مرجع سابق.

2- باستخدام وحدات زمنية (عامل يوم ، عامل ساعة).

3-باستخدام الوحدات النقدية.

نفترض لحساب التكاليف الإضافية الناتجة عن التأثير السلبي للعوامل الجوية السيئة أن المشروع مقسم إلى مراحل تشكل كل منها مشروعاً فرعياً، حيث يحوي المشروع الكلي m مشروعاً فرعياً. وأن الفترة الزمنية اللازمة لإنجاز المشروع الفرعي i،هيm_i(عدد الوحدات الزمنية اللازمة لإنهاء المرحلة).

حيث أن : i=1,2,3........m فتكون كمية العمل المنجز في المشروع الفرعيi خلال وحدة زمنية واحدة هي: $\frac{q_i}{m_i}$.ومنه تكون كمية العمل المنجز في المشروع الفرعيi خلال الوحدة الزمنيةj هي: $\frac{q_i}{m_i}x_{ij}$.حيث أن :

q_i :كمية العمل المقرر للإنجاز في المشروع الفرعي j ،j=1,2,..........m_i .

x_{ij}:متغير يشير إلى وجود عمل في المشروع الفرعي i خلال الوحدة الزمنية j .

وبإدخال عامل الإنتاجية يمكننا حساب الكمية الفعلية للعمل المنجز خلال الوحدة الزمنية j في المشروع الفرعي i ، والتي تساوي إلى :

$$\beta_{ij}\frac{q_i}{m_i}x_{ij} \qquad (79\text{-}2)$$

إذا كان تأثير العوامل الجوية معدوماً،فإن الكمية المثلى للعمل المنجز في المشروع الفرعي i خلال الوحدة الزمنية j هي :

$$1.\frac{q_i}{m_i}x_{ij}=\frac{q_i}{m_i}x_{ij} \qquad (80\text{-}2)$$

أما إذا كان هناك تأثير سلبي للعوامل الجوية، فإن الكميات المخططة والفعلية للعمل المنجز سوف تختلف .ويكون الفرق بينهما مساوياً لـ: $(1-\beta_{ij})\frac{q_i}{m_i}x_{ij}$عندئذ تكون التكاليف الإضافية للمشروع الفرعي i خلال الوحدة الزمنية j والتي سيتحملها هذا المشروع نتيجة العوامل الجوية السيئة التي تقلل من نسبة الإنجاز مساوية لـ :

$$c_{ij}(1-\beta_{ij})\frac{q_i}{m_i}x_{ij} \qquad (81\text{-}2)$$

حيث أن: c_{ij}التكلفة الإضافية التي يتحملها المشروع الفرعي i خلال وحدة الزمن j لوحدة العمل الواحدة.وتكون التكلفة الإضافية للمشروع الكلي خلال زمن التنفيذ C_Wمساوية لـ :

$$C_W = \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} c_{ij}\left(1-\beta_{ij}\right)\frac{q_i}{m_i} x_{ij} \qquad (82-2)$$

أي يمكننا معرفة التباين في التكلفة الناتج عن تأثير العوامل الجوية السيئة[1] .

5-4-2-التكلفة الإضافية الناتجة عن التزويد غير المنتظم للموارد :

هناك علاقة بين الجدولة الزمنية وجدولة الموارد ، فاختلاف الخطة الزمنية يؤدي حتماً إلى اختلاف الحاجة من الموارد ،فمثلاً إذا كانت الخطة الزمنية مثالية (ضغط) فإنه يفترض أن يكون التزويد بالموارد مثالياً أيضاً ،حتى لا يؤثر في مثالية الخطة الزمنية، أي ينبغي أن يتم الإمداد بكميات متعادلة من الموارد خلال واحدة الزمن .هذا ويتم أثناء إعداد الخطة الزمنية لتنفيذ المشروع القيام بما يلي[2] :

1- تحديد موارد الأنشطة الحرجة جميعها، وذلك بعد تحديد الموارد تبعاً للحد المتاح الذي لا يمكن تجاوزه .

2- جدولة الأنشطة الحرجة لتبدأ بزمن بداياتها المبكر .

3- تخصيص الموارد الباقية للأنشطة غير الحرجة واختيار أزمنة بدايتها .

في الواقع قد تكون مدة تنفيذ المشروع ثابتة، مما يقود مدير المشروع إلى الاعتقاد بأنه ينبغي عليه أن يقوم بتزويد الموارد عندما يصبح ممكناً البدء بالنشاط الذي يتطلب تلك الموارد هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى قد تكون الإجراءات السابقة ممكنة ولكن غير عملية ،ففي حالات كثيرة ،قد تتجاوز حاجتنا من الموارد للأعمال الحرجة عند زمن معين المتاح من تلك الموارد نتيجة للتزويد غير المنتظم ، ففي هذه الحالة نحن في حاجة إلى تعديل طريقة الإنجاز وإعادة حصر الموارد وتغيير زمن إنجاز المشروع.الأمر الذي يقود إلى تحميل إدارة المشروع تكاليف إضافية ناتجة عن التزويد غير المنتظم للموارد يتم حساب تلك التكاليف كما يلي :[3]

نفترض أن لدينا مشروعاً مقسماً إلى m مشروع فرعي ،حيث أن كمية المورد المزودة للمشروع الفرعي i خلال وحدة زمنية واحدة R'_i تعطى بالعلاقة :

$$R'_i = \frac{R_i}{m_i} \qquad (83-2)$$

---

[1] Koehn,J. and Brown ,J.(1985): climate effects on construction ,p302-310, مرجع سابق.

[2] Martino, R. ,L., (1965): Project Management and Control vol. III: Allocating and Scheduling Resources", 2nd.ed.,comet press, Inc. American Management Association,NewYork,p15

[3] Oberlender, G.D.(1993) :"Project Management For Engineering and Construction",Mcgraw-Hill,Inc.,NewYork,p397-410.

حيث :m_i عدد الوحدات الزمنية اللازمة لإنجاز المشروع الفرعي i.

R_i : كمية المورد اللازمة لإنجاز المشروع الفرعي i.

نفرض أن x_{ij} متغير يشير إلى كمية المورد المزودة في الوحدة الزمنية j وفي المشروع الفرعيi.مما يؤدي إلى أن تكون r_{ij} كمية المورد المزودة في المشروع الفرعي i وخلال الوحدة الزمنية زمساوية لـ :

$$r_{ij} = \frac{R_i}{m_i} x_{ij} \qquad (84-2)$$

وتكون الكمية المتوسطة للمورد المزودة خلال الفترة الزمنية m_i واللازمة لإنجاز المشروع الفرعي i مساوية لـ:

$$\bar{r}_i = \frac{1}{n} r_j \qquad (85-2)$$

فيكون تباين الكمية المزودة من المورد في المشروع الفرعي i معطى بالعلاقة التالية :

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \left(r_j - \bar{r}_i\right)^2 \qquad (86-2)$$

ولأجل المشروعات الفرعية جميعاً تصبح الكميات الكلية للمورد المزودة خلال الوحدة الزمنية j مساوية لـ :

$$r'_j = \sum_{i=1}^{m} \frac{R_i}{m_i} x_{ij} = \sum_{i=1}^{m} r_{ij} \qquad (87-2)$$

فيكون متوسط كمية المورد المزودة للمشروع معطى بالعلاقة :

$$\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} r'_j = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} r_{ij} \qquad (88-2)$$

حيث n: مدة تنفيذ المشروع .

وتباين كمية المورد المزودة للمشروع محدد بالعلاقة :

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \left(r'_j - \bar{r}\right)^2 \qquad (89-2)$$

في الواقع قد يكون هناك أنواع متعددة من الموارد، ولا يقتصر الأمر على نوع واحد فقط لأجل مشروع فرعي I ،فدرجة عدم انتظام المورد k هي التباين المعطى بالعلاقة :

$$\sigma_k^{\,2} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \left(r'_{jk} - \bar{r}_k\right)^2 \qquad (90-2)$$

حيث $\sigma_k{}^2$ تباين كمية المورد k للمشروع الفرعي i.

فكلّما كانت $\sigma_k{}^2$ كبيرة كلما دلّ ذلك على عدم الانتظام في توزيع المورد k .ونحن في حاجة إلى تزويد إضافي للمورد k .

لنفترض أن التكلفة الإضافية الناجمة عن الحاجة إلى تزويد مورد إضافي واحد من النوع k هي c_k فتكون التكلفة الإجمالية الناتجة عن الحاجة لتزويد الكمية $\sigma_k{}^2$ من المورد k مساوية لـ $\sigma_k{}^2.c_k$.

لنفترض أنه يوجد M نوع من الموارد، فتكون التكلفة الإضافية الناتجة عن التزويد غير المنتظم للموارد مساوية لـ:

$$C_R = \sum_{k=1}^{M} \sigma_k{}^2.c_k \qquad (91\text{-}2)$$

إن توفر الموارد لإنجاز أنشطة المشروع بالشكل المطلوب سيساهم في إنجاز تلك الأنشطة بسرعة دون تأخير وبالنتيجة دون تحمل المشروع لتكاليف إضافية ، أما في حال عدم توفرها بما يتناسب مع حاجة المشروع فإن ذلك سيكلف المشروع أعباء مالية إضافية متمثلة بـ:

- رواتب و أجور عمال .
- غرامات تأخير.
- أعباء ناتجة عن زيادة مستويات أسعار الموارد المطلوبة.
- أعباء مالية ناتجة عن تلف بعض الموارد المتوفرة التي يتطلب استخدامها توفر موارد أخرى معها يعتمد إنجاز النشاط على توفرها معاً وفي الوقت نفسه.

يجب الحرص والعمل دائماً على تخفيض التكلفة قدر الإمكان ومعالجة جميع الأسباب المؤدية إلى زيادتها نظراً لكونها عاملاً مؤثراً في النفع الاقتصادي للمشروع.

2-4-6- تقدير القيمة المضافة بالاعتماد على المخطط الشبكي :

لم نجد في الدراسات و البحوث التي تناولت التخطيط الشبكي و نماذجه أي دراسة تناولت هذا المؤشر رغم أهميته في معرفة مدى مساهمة المشروع في الدخل القومي لذلك سنقوم بتقدير القيمة المضافة للمشروع بناءً على بنية تقسيم العمل المحددة و الموضحة على المخطط الشبكي .و لتقدير هذا المؤشر باستخدام المخطط الشبكي ،تم تجزئة المشروع أثناء تحديد بنية تقسيم العمل إلى حزم عمل /Work Package/ ،حيث تمثل كل حزمة مجموعة من الأنشطة المترابطة ببعضها لإنجاز هدف جزئي في المشروع، حيث يتعذر تقدير القيمة المضافة المحققة من إنجاز نشاط ما من أنشطة تلك الحزمة بشكل مستقل عن الأنشطة الأخرى . أي يجب تقدير القيمة المضافة لحزمة العمل كلّه أو لمرحلة في المشروع.

نعلم أن مفهوم القيمة المضافة Value Added يطلق على المقدار الذي يضيفه المشروع إلى قيمة مستلزمات الإنتاج المستخدمة في تنفيذ المشروع، حيث يتوزع هذا المقدار على عوامل الإنتاج المختلفة كما يلي :

العامل الإنتاجي	العائد
العمل	أجور و رواتب
رأس المال	فوائد
الأرض	ريع و إيجارات
الإدارة و التنظيم	الأرباح

إن مجموع العوائد السابقة ليس إلا مقدار القيمة المضافة المنتجة في المشروع و التي تعبّر عن مدى مساهمة المشروع في الدخل القومي .

لنفترض أن القيمة المضافة المتوقع الحصول عليها بعد الانتهاء من إنجاز مرحلة معينة في المشروع i (حزمة العمل i) فتكون القيمة المضافة المقدرة في المرحلة i هي vd_i و مستلزمات الإنتاج المقدرة والمستخدمة في هذه المرحلة i لإنتاج هذه القيمة المضافة هي pc_i كما أن القيمة البيعية للأعمال المنجزة (خدمات و إنتاج) في المرحلة i / sv_i / مقدرة أيضاً فتعطى القيمة المضافة vd_i كما يلي :

$$vd_i = sv_i - pc_i \qquad (92\text{-}2)$$

ومنه تكون القيمة المضافة المتوقعة من المشروع هي:

$$vd = \sum_{i=1}^{m} vd_i \qquad (93\text{-}2)$$

حيث m عدد مراحل المشروع .

إن القيم المضافة السابقة هي قيم إجمالية، وللحصول على القيم الصافية المقدرة للقيمة المضافة يقدر اهتلاك رأس المال في كل مرحلة من مراحل إنجاز المشروع الموضحة على مخطط شبكي، و يحسم من القيمة الإجمالية للحصول على القيمة الصافية. هذا وتوضع هذه القيم على الحدث الممثل بدائرة على المخطط الشبكي و الذي يشير إلى نهاية مرحلة معينة في المشروع . لمقارنة المخطط مع الفعلي تحسب القيمة المضافة الفعلية عند كل حدث يمثل نهاية مرحلة معينة .

أما فيما يخص القيمة المضافة القومية المحققة من المرحلة، فتجب إضافة صافي التعامل مع العالم الخارجي الذي تم خلال المرحلة و لأجل إنجاز هذه المرحلة إلى القيمة المضافة المحققة في كل مرحلة . ومن ثم تجمع هذه القيم الناتجة للحصول على القيمة المضافة القومية الكلية، أو يضاف صافي التعامل مع العالم الخارجي المتوقع خلال تنفيذ المشروع إلى /vd/ للحصول على القيمة المضافة القومية التي يتوقع الحصول عليها من المشروع .

الفصل الثالث

دراسة تطبيقية على المؤسسة العامة للنقل البحري

تمهيد:

يتمتع القطر العربي السوري بموقع جغرافي هام ويطل على شاطئ البحر الأبيض المتوسط ،مما يساعده على أن يلعب دوراً مهماً في التجارة الخارجية ،حيث يمارس هذا الدور عن طريق النقل البحري والجوي والبري،وتمارس عمليات النقل البحري شركات القطاع العام والخاص ،إضافة إلى سفن أجنبية تدخل كل من مرفأي طرطوس واللاذقية ، ومن شركات القطاع العام المؤسسة العامة السورية للنقل البحري التي تملك سفينتين (أرواد ، اللاذقية) ،وتمارس نشاطها النقل من خلالهما.

نعرض في هذا الفصل أهداف هذه المؤسسة وهيكلها التنظيمي ،ولمحة تاريخية عنها مع وصف للأنشطة التي تتكون منها الرحلة البحرية ،مع عرض للأسلوب المتبع في تقدير الزمن اللازم لإنجاز الرحلة البحرية.تم تحديد بنية تقسيم العمل لرحلات عينة البحث، وتقدير مؤشرات توزيع بيتا- بيرت (الزمن المتفائل، الزمن المتشائم ، الزمن الأكثر احتمالاً) بالاعتماد على أسلوب المقابلة .وتمّ تحليل زمن الرحلات المدروسة باستخدام نظام بيرت ونموذج الشبكة الضبابية.

3-1- لمحة تاريخية عن المؤسسة العامة للنقل البحري:

شهد قطاع الخدمات في القطر العربي السوري تطوراً ونمواً ملحوظاً بعد صدور قانون الاستثمار رقم /10/ لعام 1990، نظراً لتركز الاستثمارات المشمولة بهذا القانون في قطاع الخدمات وخاصة في قطاع النقل الذي يعتبر عصب الحياة الاقتصادية، نظراً للدور المهم الذي يلعبه في عملية إعادة الإنتاج.

تعدُّ خدمات الشحن والنقل بنداً أساساً من بنود ميزان الخدمات الذي يشكل جزءاً من ميزان المدفوعات، لكن رغم التطور الذي شهده قطاع النقل لا يزال ميزان تجارة القطر الخارجية في نفقات الشحن والنقل في حالة عجز،و يعود السبب إلى أن بيانات التجارة الخارجية في ميزان المدفوعات تعد على أساس أسعار .F.O.B للصادرات والواردات ،أي أن نفقات شحن البضائع المستوردة من موانئ الاستيراد إلى المراكز الجمركية السورية ،وتعامل كاستيراد للخدمات حينما تقوم مؤسسات غير مقيمة بتقديم هذه الخدمات . وفي سوريا فإن معظم خدمات شحن ونقل المستوردات السلعية تقوم بها مؤسسات غير مقيمة بسبب ضعف أسطول النقل البري أو البحري أو الجوي السوري حتى الآن.

تتولى أساطيل النقل البحري في أي بلد ربط المسافة البحرية بين مناطق الإنتاج والاستهلاك في الاقتصاد الدولي، وتؤثر سرعة تداول البضائع بالميناء مباشرة على تنفيذ خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية ، وبالتالي على معدلات النمو الاقتصادي والقيمة المضافة وعلى ميزان المدفوعات ومستويات التوظيف . وفي الواقع إن النقل البحري ليس إلا نشاطاً إنتاجياً لأن عملية نقل السلعة تضيف لها منفعة اقتصادية تعرف بالمنفعة المكانية من وجهة النظر إلى عملية نقلها من مكان إنتاجها إلى مكان عرضها إلى مجال تسويقها و زيادة الطلب عليها ،ويبدو أثر النقل البحري في الإنتاج والتوزيع من خلال علاقته مع الأنشطة الاقتصادية من صناعة وزراعة وتسويق ،فهو يقوم بالنقل ابتداءً من مرحلة المادة الخام إلى مرحلة التصنيع ومن ثم التوزيع.

تتم عملية النقل البحري في قطرنا من قبل شركة الملاحة السورية المحدثة بموجب المرسوم التشريعي رقم 27 لعام 1977برأس مال قدره 100مليون ل.س ، والتي تعمل في إدارة واستثمار السفن ،وكذلك من قبل المؤسسة العامة السورية للنقل البحري المحدثة بموجب القانون رقم 88لعام 1959 وقد حددت الغاية من إنشائها بالأمور التالية[1] :

1- رسم السياسة الملاحية للقطر .

2- دعم الملاحة البحرية من خلال إنشاء أسطول بحري وطني .

3- تنظيم وتنسيق أعمال النقل البحري في القطر وحصر كافة صادرات و واردات القطر عن طريقها .

4- تمثيل القطر في المؤتمرات الدولية الخاصة بالملاحة وأمور السلامة البحرية داخل القطر وخارجه.

5- إقامة الاتفاقيات الملاحية مع المؤسسات والشركات البحرية في العالم .

تغطي المؤسسة معظم مرافئ العالم بشبكة من الوكلاء يقومون بتنظيم العمل وتنفيذه نيابة عنها في تلك المرافئ، كما أن للمؤسسة مركزاً رئيساً في اللاذقية يتولى عملية الاتصال مع شركات ومؤسسات القطاع العام داخل القطر وشركات الملاحة في العالم لتأمين شحن البضائع من وإلى القطر، كما يوجد للمؤسسة ثلاثة فروع في كل من دمشق وطرطوس و اللاذقية يتابعون أعمال المؤسسة وفقاً لما هو محدد لهم من أعمال في نظامها الداخلي .

---

(1) الخطة السنوية لعام 2002 للمؤسسة العامة السورية للنقل البحري، ص2.

قامت وزارة النقل مؤخراً بدمج مؤسسة النقل البحري مع الشركة الملاحية السورية، وذلك بهدف تطوير قدرات هاتين الشركتين .

تسهم عملية الدمج في ممارسة عمليات النقل البحري بالشكل الأمثل والأكثر ربحية، وتدعم الاقتصاد الوطني ويعزز موقفها كجهة عامة واحدة تجاه الجهات الأخرى المنافسة لها،وتوفير مبالغ كبيرة من القطع الأجنبي تدفع لقاء حقوقها والتزاماتها التعاقدية تجاه الغير، وتؤول إليها موجوداتها المنقولة وغير المنقولة . وتتولى المؤسسة الجديدة ممارسة عمليات النقل البحري المختلفة بما فيها حجز الفراغات لشحن البضائع لصالح الجهات العامة من قبلها، وتتولى المؤسسة عملية تملك واستئجار السفن التجارية للقيام بعمليات النقل البحري المختلفة ونقل الركاب ودعم الأسطول الوطني من خلال اتباع الوسائل الممكنة، ولقد كان رأس مال الشركة الجديدة بموجب المرسوم التشريعي رقم 410 لعام 2000 محدداً بمبلغ 101مليون ليرة سورية، وتملك المؤسسة سفينتين هما سفينة أرواد وسفينة اللاذقية ،وكلتاهما من النوع المتعدد الأغراض تجمع بين مزايا السفن المتخصصة المختلفة مثل سفن الطبالي والحاويات والدحرجة وحاملات الصنادل ،ومواصفات هذه السفن معروضة في الملحق H .

3-1-1- أهداف المؤسسة بعد عملية الدمج :

تسعى المؤسسة حثيثاً عبر توزيع الهيكل التنظيمي فيها من أجل تحقيق أهدافها المنصوص عليها في المرسوم رقم 410 لعام 2000 والقوانين والأنظمة النافذة الأخرى وبصورة خاصة تحقيق الأهداف التالية[1]:

1- رفع مستوى الأداء وتخفيض التكلفة ومنع الهدر والإسراف والضياع.
2- تحسين الخدمة المؤداة للمتعاملين مع المؤسسة.
3- الحرص على تنفيذ عمليات النقل الجارية على سفن المؤسسة بالدقة والإتقان اللازمين وفي المواعيد المقررة وتشغيل السفن بكامل طاقاتها تحقيقاً للخطة السنوية المقررة وفاء بالالتزامات الناشئة من عقود النقل.
4- حشد جميع إمكانيات المؤسسة المتاحة وتعبئة طاقات العاملين فيها وتحريكها وإذكاء شعورهم القومي والوطني واستنهاض كفاءاتهم وقدراتهم بما يحقق أفضل النتائج لخدمة أهداف المؤسسة ومهامها الأساسة والمحافظة على ممتلكاتها وتنمية وارداتها عبر تنفيذ خططها التنموية والاستثمارية .
5- تطوير أدواتها ووسائلها بما يتماشى مع التقدم في العالم .

---

[1] النظام الداخلي للمؤسسة العامة للنقل البحري الصادر في 3/28/ 2001 ، ص2.

3-1-2- موارد المؤسسة:

تتكون موارد المؤسسة بشكل رئيس من[1] :

1- عمولة (ربط البضائع) وتتقاضاها من الناقل الوطني والأجنبي وفق نسبة مئوية يتم الاتفاق عليها، وتتراوح ما بين (2-5%) من أجور النقل التي تتحقق من كل شحنة .

2- مصاريف إدارية بواقع 5% على أجور الشحن لقاء الخدمات الـــتي تقــدمها المؤسســة لأصحاب البضائع وذلك وفقاً لقانون إحداث المؤسسة .

3- رسم دعم الأسطول البحري الوطني ، ويتم تحصيله من قبل الجمارك على قيمة الصادرات والواردات من وإلى القطر بنسبة 2% .

4- أجور النقل على سفن المؤسسة .

5- القروض والتسهيلات الائتمانية التي تحصل عليها .

6- المبالغ التي تخصصها الدولة لدعم الملاحة البحرية والنقل البحري .

7- سائر المبالغ المحصلة من قيام المؤسسة بأي نشاط بحري يدخل ضمن اختصاصها .

3-1-3- الهيكل التنظيمي :

يتألف الهيكل التنظيمي للمؤسسة من :

- المجلس الإنتاجي .
- مجلس الإدارة .
- المدير العام .
- معاون المدير العام .
- المديريات التالية :

1- مديرية مكتب المدير العام .

2- مديرية الشؤون الإدارية والقانونية .

3- مديرية التخطيط والإحصاء والمعلوماتية .

4- مديرية الرقابة الداخلية .

---

[1] الخطة السنوية لعام 2002، ص3.

5- مديرية الشؤون المالية .

6- مديرية الحسابات .

7- مديرية العمليات .

8- مديرية الاستثمار .

9- مديرية الشؤون الفنية .

10- فروع المؤسسة في المحافظات ومكاتبها في الخارج .

ويظهر الشكل (3-1) الهيكل التنظيمي للمؤسسة بشكل أكثر تفصيلاً.

3-2- أنشطة الرحلة البحرية:

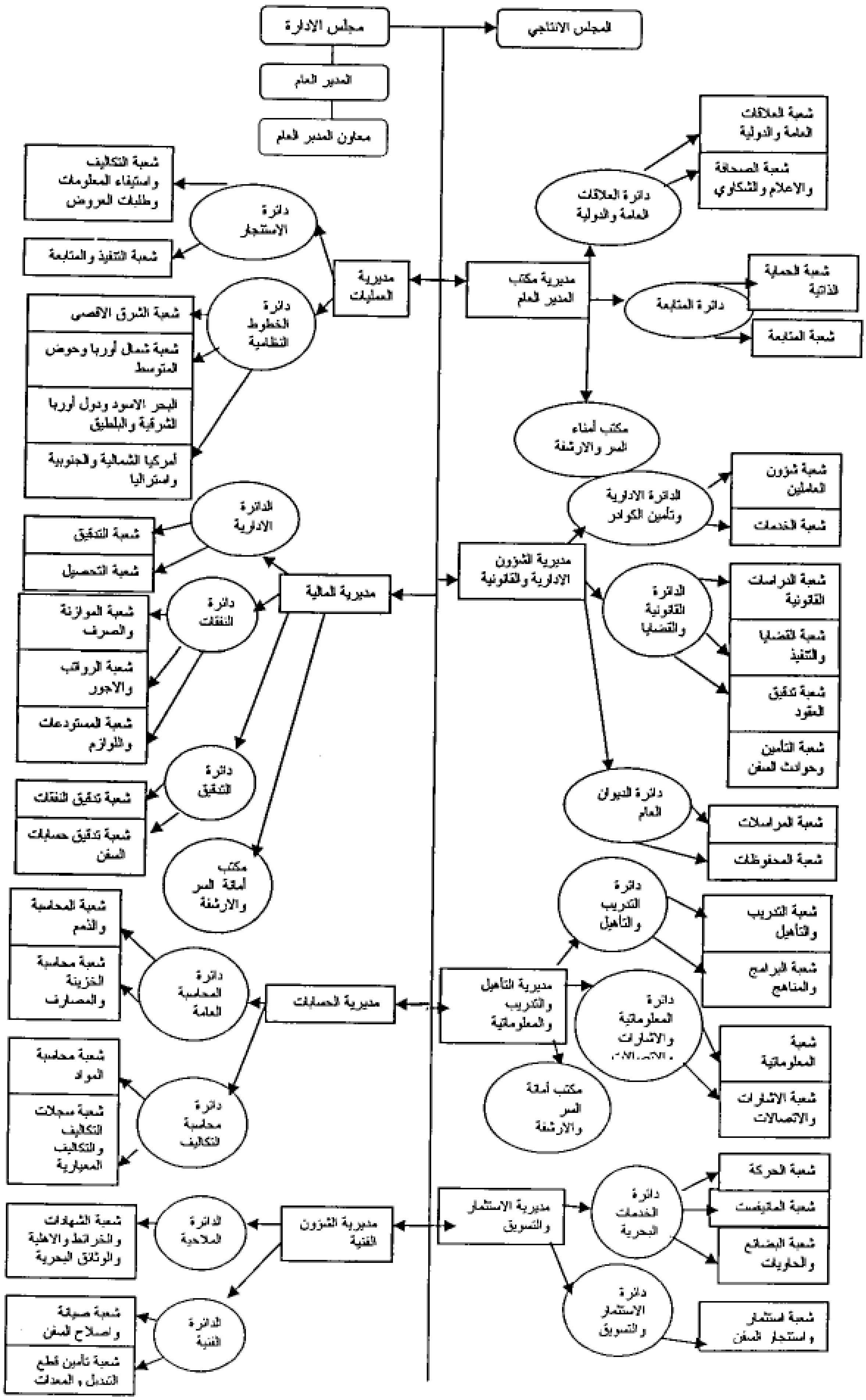
تبدأ الرحلة البحرية من اللحظة التي تنتهي فيها أعمال تفريغ البضاعة وتنظيف عنابر السفينة من مخلفات الرحلة السابقة وترتيبها، حيث يتم بعدها تجهيز السفينة وتزويدها بكل احتياجاتها من وقود وزيوت وتموين إضافة إلى القيام ببعض الإصلاحات والصيانة في حال وجود ضرورة لها . وتتمثل أنشطة التحميل والتفريغ والإبحار بما يلي :

أ-أنشطة مرحلة التحميل : وتتمثل بالآتي:

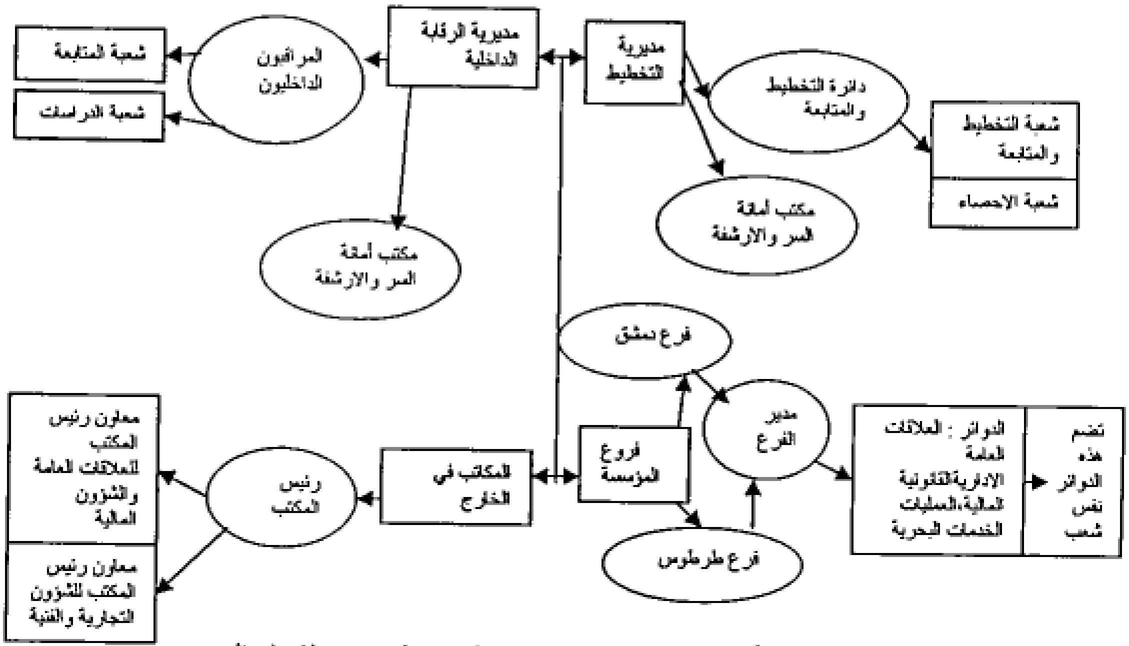
1- صدور أمر شحن البضاعة :(ولكي يتم صدور هذا الأمر من قبل الشاحن يتطلب منه الحصول على جميع الموافقات الجمركية والتصديرية لكل نوع من البضاعة)،وهذا الأمر يختلف من دولة إلى أخرى من حيث الإجراءات والوثائق المطلوبة لذلك.

2- يقوم الربان بتفتيش البضاعة، حيث يحق له رفض جزء أوكل البضاعة غير المطابقة للمواصفات التي بحوزته والمعطاة له بناء على العقد الموقع بين مالك السفينة والمستأجر، والذي يبين من خلاله مواصفات البضاعة والحالة التي من الممكن للربان أن يقبل البضاعة.

3- تنقل البضاعة على ظهر السفينة من الشاحنات التي تأتي إلى قرب السفينة سواء بواسطة رافعات من المرفأ أو رافعات السفينة إلى عنابر السفينة ، حيث يقوم عمال التستيف بتستيف البضاعة في العنابر بناء على تعليمات من الضابط الأول المسؤول عن توزيع الحمولات في السفينة بالشكل الذي يراعي فيه توازن السفينة والحفاظ على السلامة مع الأخذ في الحسبان خطة التفريغ المقررة للبضاعة المحملة .



مجلس الادارة
المجلس الائتلافي
المدير العام
معاون المدير العام
شعبة التكاليف واستيفاء المعلومات وطلبات العروض
دائرة الاستئجار
شعبة التنفيذ والمتابعة
مديرية العمليات
دائرة الخطوط النظامية
شعبة الشرق الاقصى
شعبة شمال أوربا وحوض المتوسط
البحر الاسود ودول أوربا الشرقية والبلطيق
أمركيا الشمالية والجنوبية واستراليا
شعبة العلاقات العامة والدولية
شعبة الصحافة والاعلام والشكاوي
دائرة العلاقات العامة والدولية
مديرية مكتب المدير العام
دائرة المتابعة
شعبة الحماية الذاتية
شعبة المتابعة
مكتب أمناء السر والارشفة
الدائرة الادارية
شعبة التدقيق
شعبة التحصيل
مديرية المالية
دائرة النفقات
شعبة الموازنة والصرف
شعبة الرواتب والاجور
شعبة المستودعات واللوازم
دائرة التدقيق
شعبة تدقيق النفقات
شعبة تدقيق حسابات السفن
مكتب أمانة السر والارشفة
الدائرة الادارية وتأمين الكوادر
شعبة شؤون العاملين
شعبة الخدمات
مديرية الشؤون الادارية والقانونية
الدائرة القانونية والقضايا
شعبة الدراسات القانونية
شعبة القضايا والتنفيذ
شعبة تدقيق العقود
شعبة التامين وحوادث السفن
دائرة الديوان العام
شعبة المراسلات
شعبة المحفوظات
شعبة المحاسبة والذمم
شعبة محاسبة الخزينة والمصارف
دائرة المحاسبة العامة
مديرية الحسابات
شعبة محاسبة المواد
شعبة سجلات التكاليف والتكاليف المعيارية
دائرة محاسبة التكاليف
دائرة التدريب والتأهيل
شعبة التدريب والتأهيل
شعبة البرامج والمناهج
مديرية التأهيل والتدريب والمعلوماتية
دائرة المعلوماتية والاشارات
شعبة المعلوماتية
شعبة الاشارات والاتصالات
مكتب أمانة السر والارشفة
شعبة الشهادات والخرائط والاهلية والوثائق البحرية
الدائرة الملاحية
مديرية الشؤون الفنية
شعبة صيانة واصلاح السفن
الدائرة الفنية
شعبة تأمين قطع التبديل والمعدات
مديرية الاستثمار والتسويق
دائرة الخدمات البحرية
شعبة الحركة
شعبة المقيضت
شعبة البضائع والحاويات
دائرة الاستثمار والتسويق
شعبة استثمار واستئجار السفن



الهيكل التنظيمي للمؤسسة العامة السورية للنقل البحري

الشكل (3-1)

وبعد الانتهاء من عملية التحميل يقوم طاقم السفينة أو مكتب مختص بعملية التحزيم للبضاعة ضمن عنابر السفينة البضاعة المحملة على سطح السفينة، بالشكل الذي يؤمن عدم تحريكها خوفاً على سلامة البضاعة السفينة معاً وحفاظاً على توازن السفينة.

4- بعد الانتهاء من ذلك يقوم الربان أو وكيل المستأجر بإصدار وثائق الشحن والمانفست بالتعاون مع الجهات المختصة بالمرافئ للمصادقة عليه، ومن ثم إعطاء أمر من قبل الجهات المختصة بالمرافئ لإبحار السفينة بعد أن يقدم الربان جاهزيته للإبحار.

ب- أنشطة مرحلة التفريغ :

يقصد بتفريغ البضاعة إنزالها من سياج السفينة إلى البر في ميناء الوصول أو إلى الصنادل التي تنقلها إلى البر . وعملية التفريغ واقعة مادية شأنها شأن واقعة الشحن يمكن إثباتها بكافة الطرق ، كما يثبت القدر المفرغ كذلك بكل دليل[1] .هذا وتتم عملية التفريغ وفقاً لما يلي:

1- عند وصول السفينة إلى مرفأ التفريغ يقدم الربان نسخة من المانفست ووثائق الشحن إلى الجهات المعنية في المرافئ ،ليتم على أساسها ترصيف السفينة ووضعها في الرصيف المناسب لتفريغ الحمولة(سواء من حيث النوع أو المواصفات للبضاعة المراد تفريغها).

[1] عنبر ، عبد الحميد موسى (1996) :"أنظمة التفريغ في الميناء عملياً وقانونياً، مؤسسة شباب الجامعة ، الإسكندرية،ص10.

2- قبل البدء بعملية التفريغ تتم معاينة البضاعة من قبل عدة جهات، وذلك حسب نوع البضاعة للتأكد من مطابقة هذه البضاعة للمواصفات . بعد أن تقدم الجهات المعنية موافقتها للتفريغ (تطابق هذه البضاعة للمواصفات وعدم وجود ما يمنع تفريغها).

3- يعطى للسفينة رصيف مناسب حيث تخصص لها الآلات بناء على طلب صاحب السفينة أو صاحب البضاعة وفقاً للطرف الذي سيقوم بدفع تكاليف التفريغ مع الأخذ في الحسبان الإمكانيات المتاحة لذلك .

4- تنظيف العنابر وتستيفها : حيث يتم كنس العنبر جيداً من مخلفات الشحن السابقة، ويتم غسله جيداً بالمياه المالحة أولاً ثم العذبة ،ويترك بعدها ليجف بواسطة وسائل التهوية أو يرش بنشارة الخشب.

ج- الأنشطة التي تتم خلال مرحلة الإبحار:

يقوم كل أفراد الطاقم بواجباتهم الخاصة خلال مرحلة الإبحار ،وذلك وفقاً لورديات محددة من قبل الربان وكبير المهندسين ،ومن الممكن تكليفهم بأي عمل ضروري يجده الربان أو كبير المهندسين واجب القيام به ،وقد يتم تكليف أفراد الطاقم بأعمال استثنائية سواء على السطح أو في غرفة المحركات ،وخلال مرحلة الإبحار وقبل وصول السفينة بفترة لا تقل عن ثلاثة أيام يتم إخبار الوكيل من قبل الناقل عن الوقت المتوقع لوصول السفينة ،كي يقوم بدوره بإخبار المستورد أو المصدر (أصحاب البضاعة) ،واتخاذ الإجراءات الضرورية مع الجهات المعنية (البحرية) بغية إدخال السفينة وترصيفها والمباشرة بعملية تفريغ البضاعة.

ملاحظة : في كل مرفأ تدخله السفينة تكون معرضة لتفتيش من قبل مدير الميناء، ويكون الهدف من ذلك التأكد من صحة وصلاحية الشهادات الممنوحة للسفينة وشهادات الطاقم الذي يعطي السفينة الحق في الإبحار .

وكمثال على توضيح الأنشطة للرحلة البحرية نورد الوصف التالي لأنشطة الرحلة البحرية رقم 185 الواردة في الجدول (3-1)* :

تبدأ الرحلة بعد الانتهاء من تنظيف عنابر السفينة وترتيبها بتجهيز السفينة بالمؤن والوقود والزيوت والمواد الضرورية الأخرى اللازمة للقيام بالرحلة ، حيث تحتاج هذه العملية عادة إلى 24 ساعة وفي أفضل الأحوال 12 ساعة وفي أسوأ الأحوال إلى 48 ساعة وتكلفة هذه العملية بحدود 18 ألف دولار.

* تم الحصول على هذه البيانات بأسلوب المقابلة.

يبدأ القيام بأعمال الصيانة والإصلاح في حال وجود ضرورة لها في الوقت نفسه الـذي يـتم فيـه التجهيز ،هذا و يختلف زمن انجاز هذا النشاط بحسب طبيعة الإصلاح وحجمه. ومن العوامل المؤثرة علـى انجاز هذا النشاط : توفر اليد العاملة الفنية الملائمة لمثل هذا النوع من الإصلاح، ومدى توفر قطع التبـديل اللازمة ووسائل العمل.

يتم الكشف على السفينة وإصدار أمر الإبحار بعد الانتهاء من أعمال الصيانة والإصلاح والتجهيـز للسفينة ، هذا وعندما يتم الكشف على الوثائق بشكل كامل والكشف الميداني على التجهيزات قد يحتاج إلى 5 ساعات قد تكون متواصلة أو متقطعة . وقد يتم هذا النشاط مباشرة بعد دخـول السـفينة المرفـأ وترصيفها أو أثناء التحميل أو بعد الانتهاء منه . أما إصدار أمر الإبحار فيستغرق من ساعة إلى سـاعتين في حال عدم وجود أي ملاحظة على السفينة أثناء الكشف عليها.

تبحر السفينة بعد صدور أمر الإبحار من اللاذقية إلى مرسين ،حيث تحتاج عمليـة الإبحـار إلى (9) ساعات إبحار (مسافة الإبحار 90 ميل بمتوسط سرعة للسفينة 10 عقدة / الساعة)، ومن العوامل المؤثرة في مدة الإبحار (الظروف الجوية ، سرعة السفينة ، خبرة الربان والطاقم).

- **الأنشطة التي تتم في مرفأ مرسين:**

يتم بمجرد اقتراب السفينة من مرفأ الشحن مخاطبة وكيل السفينة من قبل الربان (يكون قبل ذلك قد تمّ إعلامه من قبل الناقل عن الوقت المتوقع لوصول السفينة إلى المرفأ) ليؤكد له أن السفينة جاهزة للبـدء بالتحميل ،حيث يقوم الوكيل خلال هذه الفترة بالتنسيق مع الشاحن بغية ترتيب عمليات دخول السـفينة إلى الرصيف ، ويحتاج هذا النشاط من الوقت بين ساعتين إلى 24 ساعة، وذلك تبعاً لوجود رصيف غـير مشغول من ناحية، ولجاهزية الوثائق اللازمة لاستقبال ودخول السفينة التي يتم تجهيزها بمجرد صدور أمـر الإبحار من مرفأ اللاذقية سواء من قبل المرفأ أو الجمارك من ناحية أخرى . فإصـدار أوامـر الشـحن ، وجاهزية البضاعة، والفترة الزمنية التي تصل فيها السفينة إلى المرفأ وتقديم الجاهزية للشحن كلها عوامـل مؤثرة على ترتيب عمليات الدخول إلى المرفأ.

تدخل السفينة إلى الرصيف المخصص لها بعد ترتيب عمليات الدخول ، ويتم تجهيز عملية الترصيف بناء على غاطس السفينة ونوع البضاعة والحمولة المراد شحنها أو تفريغها ومدى انشغال ذلك الرصـيف أثناء وصول السفينة إلى المرفأ . هذا ويحتاج نشاط الترصيف من ساعة إلى ساعتين .

يسمح دخول السفينة إلى الرصيف المخصص لها القيام بالأعمال التالية :

1- بعد الترصيف مباشرة يقوم الربان وقبل عملية التحميل بقبول أوامر الشحن الصادرة ،ومعاينة البضاعة بشكل مبدئي في حال لم يكن هناك أي عيب ظاهر على البضاعة المتواجدة بشـكل كامـل علـى

الرصيف أثناء وصول السفينة.ويحق للربان رفض أي جزء من البضاعة إذا وجد أي عيب فيها أو ثبت ذلك العيب على بوليصة الشحن الخاصة بها ، أما زمن إنجاز هذا النشاط فهو متعلق بحجم البضاعة ونوعها.

2- تفتيش السفينة : يمكن لمدير التفتيش البحري أن يقوم بهذه المهمة مباشرة بعد ترصيف السفينة أو أثناء التحميل أو بعد الانتهاء منه ، وأحياناً قد لا تتم هذه العملية.

3- القيام بأعمال الصيانة والإصلاح : تتم هذه العملية عادة قبل مغادرة السفينة وقيامها برحلتها البحرية إلا في حال ظهر أي عطل مفاجئ أو صيانة دورية لازمة في مرفأ التحميل أو التفريغ.

4- تجهيز السفينة: تكون السفينة عادة جاهزة للشحن ،ولا يحتاج هذا النشاط لأكثر من ساعة على أبعد تقدير.

5- تحميل البضاعة : يتأثر هذا النشاط بحجم البضاعة وكميتها، وتختلف مدته باختلاف أساليب العمل في المرفأ ، ومدى توفر وسائل العمل المتطورة ، والعامل الإداري والتنظيمي للأعمال في المرفأ ، ونوع البضاعة . وتحدد عادة معدلات التحميل والتفريغ لأي نوع من البضاعة بشكل مسبق عند توقيع عقد النقل بين كل من الشاحن والناقل . ويحتاج نشاط تحميل 850 طن برتقال بأخذ معدل تحميل وتفريغ 425 طن باليوم إلى 2 يوم عمل .

6- تحزيم البضاعة : تتم عملية التحزيم لكل نوع من البضاعة وفي كل عنبر من العنابر . ويتم أثناء التحزيم مراعاة عدم حدوث أي انزياح للبضاعة من مكانها، الأمر الذي يشكل خطراً حقيقياً على البضاعة والسفينة معاً.

7- تجهيز وثائق الشحن الخاصة وإعداد المانفست اللازم لكل نوع من البضاعة، وذلك من قبل الوكيل، حيث يتم توقيع هذه البوالص من قبل الربان بعد الانتهاء من تحميل وتحزيم البضاعة.

8- التأكد من صلاحية الشهادات والوثائق على السفينة، وإصدار أمر الإبحار إلى أوديسا . ويحق لمدير الميناء أن يمنع إبحار ومغادرة السفينة للمرفأ في حال وجد أي نقص أو انتهاء صلاحية الوثائق.

تبحر السفينة من مرسين إلى أوديسا ،حيث مسافة الإبحار 1100 ميل ومتوسط سرعة بين 10 إلى 11 عقدة بالساعة، وعليه فإن الزمن اللازم للوصول إلى أوديسا 4.6 يوم .

- **الأنشطة في مرفأ أوديسا :**

يقدم الربان إعلام استعداد بأن السفينة قد وصلت إلى مرفأ التفريغ وهي جاهزة للبدء بعملية التفريغ، وذلك بمجرد وصوله إلى أقرب نقطة للمرفأ . فيتم اتخاذ الإجراءات الضرورية مع الجهات المعنية بغية إدخال

السفينة وترصيفها والمباشرة بعملية تفريغ البضاعة .و يقوم الوكيل أثناء التفريغ بتأمين كل ما تحتاجه السفينة من تموين ووقود وأي إصلاحات أو صيانة في حال إمكانية القيام بها خلال هذه الفترة،و إلا يتم نقل السفينة إلى رصيف الإصلاح لإجراء الإصلاحات الضرورية قبل مغادرة السفينة لذلك المرفأ.يتم الكشف على السفينة بعد إنجاز الأنشطة السابقة وإصدار أمر الإبحار إلى كوستانزا .

تبحر السفينة من أوديسا إلى كوستانزا ،وأثناء ذلك يقوم أفراد الطاقم بواجباتهم الخاصة وفقاً لورديات محددة من قبل الربان وكبير المهندسين ،ومن الممكن تكليفهم بأي عمل إضافي يجده الربان أو كبير المهندسين ضرورياً القيام به.

- **الأنشطة في كوستانزا :**

تتبع الإجراءات نفسها المطلوبة لدخول السفينة والقيام بعملية الشحن والمغادرة.

- **الأنشطة خلال الإبحار من كوستانزا إلى اللاذقية :**

يكون العمل خلال مرحلة الإبحار وفقاً لورديات كل فئة فيما يخصها ،إضافة إلى ما يمكن أن يكلف به أفراد الطاقم من قبل المختصين لأداء أعمال استثنائية سواء على السطح أو في غرفة المحركات.

- **أنشطة التفريغ في اللاذقية :**

يتم بنفس الأسلوب دخول السفينة واستقبالها وتأمين الرصيف المناسب ومعاينة البضاعة وتفريغها كما شرح سابقاً.

يوضح الجدول (3-1)الرحلات البحرية التي تمت خلال الفترة الزمنية من 2002/12/24ولغاية 2003/7/22والهدف من كل رحلة بحرية والإيراد والتكلفة كما يلي:

الجدول (3-1)رحلات سفن المؤسسة خلال الفترة 2002/12/24ولغاية 2003/7/22

رقم الرحلة	تاريخها	المرافئ	نوع البضاعة وكميتها طن	الإيراد الاجمالي $	الانفاق الاجمالي $
185	24/12-2/2	مرسين- أوديسا	850 برتقال	62550	55000
		كوستانزا – اللاذقية	3184 مواسير حديد وخشب		
186	8/2-16/2	مرسين- طرطوس	3009صودا	33099	18000
187	17/2-25/2	مرسين- طرطوس	2006صودا	22066	20000
188	3/3-11/3	مرسين- طرطوس	2006صودا	22066	20000

تابع جدول (3-1)

189	15/3-25/4	اسكندرون- اليتسرمك	2000 برتقال إلى روسيا	49000	60000
		كوستانزا - طرطوس	3500 خشب+حديد+cnz		
190	3/5-15/6	مرسين- أوديسا	2400 برتقال إلى روسيا	45900	65000
		كوستانزا - طرطوس	cnz+ 3600 خشب+حديد		
191	1/7-22/7	كوستانزا- اللاذقية	3234 مواسير حديد+خشب+cnz	50000	45000
		طرطوس			
170	15/1-26/2	مرسين- الخمس(ليبيا)	2200 اسمنت	101000	85000
		كوستانزا- اللاذقية	2161 خشب+حديد+cnz		
171	5/3-10/4	مرسين- أوديسا	1500 برتقال	49000	60000
		كوستانزا- طرطوس	2396 خشب+حديد+cnz		
172	13/4-28/5	اسكندرون- الخمس	4000 اسمنت	93232	85000
		كوستانزا-طرطوس	3696 خشب+حديد+cnz		
173	3\6-13\6	مرسين-طرطوس	3009 صودا	30309	18000
174	25/6-17/7	كوستانزا- اللاذقية + طرطوس	3161 خشب+حديد+cnz	34510	45000

المصدر: سجلات إدارة المؤسسة.

نجد من الجدول (3-1) أن إيراد بعض الرحلات كان كافياً لتغطية الإنفاق الإجمالي باستثناء الرحلات ذات الأرقام التالية:189-190-171-174 ،فالرحلة رقم 174 مثلاً كانت قيمة الإنفاق الإجمالي 45000 دولار أكبر من قيمة الإيراد الإجمالي 34510 دولار ، وهذا يعود بالدرجة الأولى بحسب رأي الجهاز الإداري في المؤسسة إلى تدني أجور النقل (النولون) *التي تم الاتفاق عليها في نص عقد النقل البحري سواء مع الشاحنين أو مع المستوردين للبضاعة ، وهذا التدني ناتج عن التقدير غير الجيد للنولون البحري نتيجة ضعف خبرة القائمين بهذا العمل. حيث تختلف أجرة النقل البحري باختلاف البضائع المشحونة والبعد بالأميال البحرية وشروط الشحن الأخرى التي من أهمها تكاليف التحميل والتفريغ ورسوم المرافئ . هذا وتتمثل شروط الشحن بالآتي:

FIOS وهذه العبارة تعني بأن أجور التحميل والتفريغ وتستيف البضاعة تقع على عاتق الشاحن.

FIO أجور التحميل والتفريغ تقع على الشاحن بينما أجور التستيف تقع على عاتق الناقل (مالك السفينة).

LINER IN FREEOOT وهذه تعني أن أجور التحميل تقع على عاتق السفينة بينما أجور التفريغ على عاتق الشاحنين أو مستأجري السفينة.

FREE IN LINEROOT أجور التحميل تقع على عاتق الشاحنين أو المستأجرين بينما مصاريف التفريغ على عاتق السفينة.

إضافة إلى ذلك يعتبر الجهاز الإداري في المؤسسة الظروف الجوية من العوامل الأساسة المؤثرة على ارتفاع تكاليف رحلات سفينتي المؤسسة .

نجد إضافة إلى ما سبق أن أحد أسباب الهدر في الإنفاق عائد إلى إهمال عامل الزمن ، وعدم أخذه في الحسبان (طول زمن الرحلة البحرية). ومن المتوقع أن تكون السفينة أثناء قيامها بالرحلة رقم 174 قد وصلت إلى مرفأ كوستانزا في يوم عطلة رسمية اسبوعية (الأحد) ،وأثناء ذلك استمر العمل خلال هذا اليوم بناء على طلب مالك السفينة أو الشاحن ،مما أدى إلى تحمل أعباء مالية إضافية عما هو متوقع بتكلفة العمل خلال أيام العطلة الاسبوعية الرسمية والتي تكون قيمتها ضعف قيمة التعرفة الرسمية خلال أيام الاسبوع الأخرى. وربما تكون السفينة قد انتظرت حتى انقضاء العطلة الرسمية لمباشرة العمل مما أدى إلى تحمل تكلفة إضافية متمثلة بتكلفة الوقود والزيوت والمواد والمؤن .....الخ ،إضافة إلى نفقات ورسوم الميناء الإضافية المحسوبة لمدة العطلة.وإذا أمعنا النظر في نوعية البضاعة المشحونة نجد أن الرحلات التي تم فيها شحن البرتقال تجاوزت تكلفتها الإيراد المحقق منها ، وذلك لأن شحن مادة البرتقال يأخذ مساحة في العنابر ضعف المساحة

* النولون:مقدار النقود التي تدفع لمالك السفينة أو من يمثله نظير نقل البضائع وتسليمها بأمان من ميناء الشحن إلى ميناء التفريغ . ولمزيد من الإطلاع راجع الشريف،حسن "شحن وتفريغ السفن الأصول والقواعد الفنية "، المعارف،الاسكندرية ،ص420.

التي تأخذها كمية مماثلة من مادة أخرى ، حيث يتطلب شحنها ترك فراغات بينها في العنابر من أجل التهوية على عكس أي مادة أخرى ، لذلك يجب أن تكون أجور نقلها ضعف أجور نقل أي مادة أخرى، وليس مماثلاً لها ،كما يتم في المؤسسة.ومن الممكن أن يكون الهدر في التكاليف ناتج عن الهدر في زمن التحميل والتفريغ، والقيام بأعمال الصيانة والتجهيز، أو التأخير في إنجاز الوثائق وبوالص الشحن ، أو بسبب مشغولية الميناء.

ينبغي الأخذ بالأمور التالية لتفادي تكرار هذا الأمر وعدم تحمل تكاليف إضافية :

1- الاهتمام بعامل الزمن نظراً لعلاقته الطردية مع التكاليف غير المباشرة التي تزداد بزيادته.وتحديد أيام وصول السفينة إلى المرافئ الأجنبية والمرافئ الإسلامية لمعرفة فيما إذا كانت هذه الأيام أيام عطل رسمية بغية تقدير التكاليف الإضافية ،سواء تلك الناتجة عن استمرار العمل في هذه المرافئ أو عن انتظار السفينة فيها حتى تنقضي العطلة الرسمية واستئناف العمل من جديد وزيادة النولون البحري بمقدار هذه التكاليف.

2- الأخذ بعين الاعتبار أثناء تقدير النولون البحري للسفينة أو الشحنة "السعر اليومي لتكلفة تشغيل السفينة،أي المتوسط اليومي لجملة ما تتحمله السفينة من تكاليف ثابتة ومتغيرة أثناء إبحارها وعند وقوفها في الموانئ من أجل الشحن والتفريغ"[1] وأهم عناصر تكاليف التشغيل هي :

أ- نفقات التأمين على السفينة والطاقم[2] : يحسب قسط التأمين على أساس رسم معين يختلف باختلاف عدة عوامل تؤثر فيه ارتفاعاً وانخفاضاً وهي: (حجم السفينة ونوعها وقيمتها ، درجة صلاحيتها وتعرضها للخطر، طريقة تقدير نفقات التأمين ، مدة التأمين ، طول الرحلة البحرية ، سمعة الشركة مالكة السفينة، طريقة الشحن والتعبئة، الظروف السياسية في البلاد المختلفة خط سير الرحلة البحرية) .

ب- "أجور الطاقم: تختلف من سفينة لأخرى تبعاً لاختلاف مستويات الأجور بين الدول المختلفة واختلاف أحجام السفن.

ت- النفقات الإدارية التي تقل بزيادة عدد السفن المملوكة .

ث- تكاليف الصيانة والإصلاح : وتزيد بزيادة عمر السفينة وقدمها وحجمها.

ج- نفقات الوقود: وتختلف بحسب:

1- نوع الآلات : فالديزل يوفر 35% من البخار.

---

(1) الشريف ، حسن ، شحن وتفريغ السفن الأصول والقواعد الفنية ،مرجع سابق، ص433.

(2) حاتم ، سامي(1988):"التأمين الدولي"، كلية التجارة وإدارة الأعمال ، جامعة حلوان، الدار المصرية اللبنانية ، الطبعة الثانية ، القاهرة، ص145.

2- عمر السفينة : تستهلك السفن القديمة أكثر من الجديدة.

3- مقدار الشحنات التي تنقلها السفينة، فالسفينة المشحونة بالكامل تستهلك وقوداً أكثر بنسبة 60% عن السفينة الفارغة .

4- امكانية التزود بالوقود بأسعار مناسبة وأماكن قريبة.

5- سرعة السفينة : من المعروف بأن لكل سفينة سـرعة اقتصـادية حسب طولها وتصميم هيكلها ونوع آلاتها .

ح-نفقات ورسوم الموانئ : وتختلف تبعاً لطول المدة التي تقضيها السفينة داخل الميناء ، وعدد الموانئ التي تتوقف فيها أثناء الرحلة ، وتبعاً لحجمها والخدمات المقدمة.

خ-عمولة الوكلاء والسماسرة ورسوم العبور في القنوات الملاحية.

د-مصاريف الشحن والتفريغ بالنسبة للخطوط المنتظمة"[1].

3-استخدام عمالة مؤهلة وذات خبرة ومهارة بحيث يمكن الاعتماد عليها في تقدير مؤشرات الخطة للرحلـة البحرية والعمل في مجال الاستثمار.

3-3- بنية تقسيم العمل لرحلات عينة الدراسة:

تقسم الرحلة البحرية إلى الأنشطة المكونة منها وذلك من أجل تحديد بنية تقسيم العمل لهذه الرحلة،حيث يؤدي انجاز هذه الأنشطة إلى تحقيق هدف الرحلة البحرية ، ويوضح الملحق F بنية تقسيم العمل لكل رحلة من رحلات عينة الدراسة .

3-4- تقدير الزمن للرحلة البحرية بأسلوب المؤسسة:

يتم تقسيم الزمن المقدر للرحلة البحرية وفقاً لثلاث حالات :

1- مرحلة التحضير والصيانة والإصلاح.

2- مرحلة الإبحار.

3- مرحلة الشحن والتفريغ.

فيما يتعلق بالمرحلة (1): يقدر الزمن بناء على تقرير الربان وكبير المهندسين الذين يبينون في تقريـرهم حجم الإصلاحات وما تحتاجه السفينة قبل اعطائهم الجاهزية الفنية والملاحية التي بموجبها يتم اعلام الشاحنين عن جاهزية السفينة والوقت المتوقع تواجدها في مرفأ الشحن والتفريغ.

---

[1] الشريف، حسن ،" شحن وتفريغ السفن الأصول والقواعد الفنية"،مرجع سابق، ص433،ص434.

أما المرحلة (2): يقدر الزمن بناء على مسافة الإبحار المقدرة بالميل البحري وسرعة السفينة بالعقدة،بناء على ذلك يتم معرفة الفترة الزمنية التي تستغرقها السفينة خلال الإبحار.

المرحلة (3):يتم تقدير فترتها الزمنية بناء على نوع البضاعة المراد شحنها وكميتها ، حيث هناك معدل نموذجي لتحميل وتفريغ كل نوع من أنواع البضائع . إضافة إلى عوامل أخرى تتعلق باسلوب العمل في مرفأ الشحن والتفريغ الذي بموجبه قد تختلف معدلات الشحن والتفريغ من مرفأ لآخر. وكمثال يتم تقدير الزمن للرحلة البحرية رقم 185 على الشكل التالي:

مرحلة التحضير والصيانة والإصلاح: تحتاج هذه المرحلة لمثل هذه الرحلة البحرية إلى 4أيام حسب تقدير القائمين على العمل.

مرحلة الإبحار: من اللاذقية إلى مرسين المسافة 90 ميل بمتوسط سرعة 10 عقدة /ساعة فيكون الزمن 9 ساعات وقد تنتظر السفينة 12 ساعة أو 24 ساعة ليتم ترصيفها والبدء بعملية الشحن أو التفريغ.

من مرسين إلى أوديسا المسافة 1100 ميل ، متوسط السرعة 10 عقدة /ساعة فتحتاج السفينة إلى 4.58 أيام مع فترة انتظار من 12-24ساعة.

من أوديسا إلى كوستانزا المسافة 300ميل تحتاج السفينة إلى 1.25 يوم مع فترة انتظار من 12-24ساعة.

من كوستانزا إلى اللاذقية المسافة 900 ميل فتحتاج السفينة إلى 3.75 يوم .

يكون زمن الإبحار مع الانتظار 12 يوم إبحار تقريباً.

مرحلة التحميل والتفريغ:

تحتاج عملية تحميل 850 طن برتقال إلى 2يوم في مرسين و2يوم تفريغ في أوديسا، فيكون المجموع 4يوم(معدل تحميل وتفريغ 425طن باليوم).

3184طن بضائع مختلفة من كوستانزا يحتاج تحميلها 5أيام وتفريغها 5أيام (معدل تحميل وتفريغ 600طن باليوم) ،يكون الزمن الإجمالي للتحميل والتفريغ 14يوم.

3-5- أسباب الهدر في الزمن:

يقدر يوم العمل في مجال النقل البحري بـــ24 ساعة عمل ، بينما تبدأ العطلة الرسمية في أغلب المرافئ الأجنبية اعتباراً من الساعة السابعة عشرة مساء من يوم الجمعة حتى الساعة الثامنة صباحاً من يوم الاثنين ، وتبدأ في المرافئ الاسلامية العطلة الرسمية من الساعة السابعة عشرة من مساء يوم الخميس إلى الساعة الثامنة صباحاً من يوم السبت . إلا أنه من الممكن استمرار العمل خلال فترة العطلة في أغلب المرافئ بناء على طلب

السفينة أو الشاحن ، وفي هذه الحالة تكون تكلفة العمل خلال العطلة ضعف التعرفة الرسمية خلال أيام الاسبوع الأخرى .

وتعود أسباب الهدر في الزمن إلى:

- البطء في التحميل والتفريغ.
- عدم انجاز بعض الأعمال التي يمكن القيام بها أثناء التحميل والتفريغ.
- عدم المتابعة الجيدة لما تحتاجه السفينة من متطلبات سواء أثناء التحميل والتفريغ أو أثناء تجهيز السفينة للسفر.

إضافة إلى أمور أخرى عديدة ناتجة عن عدم القدرة على الاستفادة من الموارد المتاحة بالشكل الأمثل.

3-6- أسباب الهدر في التكاليف:

تعود الأسباب المؤدية إلى زيادة التكلفة عن الايراد إلى عدم تحقيق الايراد كما يجب ، بمعنى أن يتم شحن البضاعة بسعر أقل مما هو متعارف عليه في سوق النقل البحري ، الذي من خلاله لا يمكن تغطية تكاليف التشغيل الثابتة والمتغيرة التي يكون من الصعب أحياناً تخفيضها إلا ضمن حدود ضيقة . وعلى هذا الاساس فإن عدم الدقة في تحديد أجور النقل البحري سيترتب عليه خسائر مالية للرحلة القائمة عندما تزداد تكاليف التشغيل عن ايراداته . لذلك على المستثمر أن يعي تماماً ويختار أنواع البضائع ذات النوالين التي تغطي تكاليف التشغيل ، وتحقق عائد مناسب له. وهذا الأمر يحتاج إلى معرفة كافية ودقيقة بالأجور السائدة لكل نوع من أنواع البضائع ، وأن يكون لديه القدرة والمعرفة الكافية في كيفية التفاوض للوصول إلى أعلى أجور للنقل مستفيداً من المزايا والامكانيات التي بحوزته لفرض أسعار مناسبة تغطي على أقل تقدير تكاليف التشغيل. وهنا لا يمكننا أن ننسى عامل المنافسة الذي قد يؤدي إلى انخفاض في أجور النقل أحياناً.

3-7- التحليل الزمني للرحلات المدروسة:

اعتمدنا في التحليل الزمني للرحلات المدروسة وفق نظام بيرت على برنامج MC Tools ،الذي يمكننا من إجراء التحليل باستخدام الصيغ المعدلة وصيغ توزيع بيتا-بيرت في آن واحد ، أما التحليل الزمني باستخدام الشبكة الضبابية فتم إجراؤه يدوياً لعدم توفر برمجيات خاصة بالشبكة الضبابية. وكانت نتائج التحليل كما يلي :

3-7-1- التحليل وفق نظام PERT:

يتطلب إعداد هذا التحليل رسم شبكة عمل كل رحلة بحرية وفق نظام AOA ،وذلك بالاعتماد على بنية تقسيم العمل الخاصة بكل رحلة ،والموضحة في الملحق F ،ومن ثم ترقيم الأحداث، ووضع

رقم النشاط فوق كل سهم يمثله.يمكننا بعد ذلك أن نرقم أحداث الشبكة ، وندخلها إلى برنامج MC Tools ، ومن ثم ندخل التقديرات الزمنية الخاصة بـ a, b, m والموضحة في الملحق F أيضاً، هذا وكانت نتائج التحليل وفق منهج بيرت كما يلي:

- **الرحلة 185**: نجد من خلال بنية تقسيم العمل لهذه الرحلة البحرية أن جميع أنشطتها محددة ، ولا يوجد أي أنشطة احتمالية كالتي تعالجها شبكة GERT على الرغم من أن الظروف الجوية المتوقعة خلال الفترة الزمنية التي ستجري فيها الرحلة سيئة مثل: ترصيف السفينة في مرفأ ليس هدفها نتيجة ظروف اضطرارية ، معالجة طبية فورية وضرورية لأحد أفراد الطاقم،كوارث وعواصف مختلفة وظروف جوية سيئة ،هطول أمطار غزيرة ودخولها إلى العنابر ، فتزداد الرطوبة لدرجة تلحق أضراراً بالبضاعة ،مما يلقي على أفراد الطاقم أعباء إضافية .

يمكننا باستخدام البيانات الواردة في الجدول (1) في الملحقFإعداد شبكة العمل الخاصة بهذه الرحلة والموضحة في الشكل (3-2) ،وتقدير مؤشرات توزيع بيتا بيرت والاحتياطي الزمني الخاص بكل نشاط ، حيث كانت مخرجات برنامج MC Tools تلك الموضحة في الجدول (3-2) التالي:

جدول (3-2) نتائج تحليل الرحلة 185وفق منهج بيرت.*

النشاط	حدث البداية	حدث النهاية	القيمة المتوقعة	التباين	الاحتياطي الزمني الكلي	الاحتياطي الزمني الحر	النشاط الحرج
2	1	2	26	36	26	0	
1	1	3	52	144	0	0	*
وهمي	2	3	0	0	26	26	
3	3	4	4.83	0.694	0	0	*
4	4	5	1.5	0.028	0	0	*
6	5	6	4	0.111	7	0	
5	5	7	11	0.111	0	0	*
وهمي	6	7	0	0	7	7	
7	7	8	12.33	13.444	0	0	*
8	8	9	1.5	0.028	0	0	*
10	9	10	7.67	2.778	0	0	*
12	9	14	1	0.028	61.83	61.83	
9	9	15	1.5	0.028	66.17	66.17	
11	9	11	12.17	14.694	50.67	0	
13	10	12	48	64	0	0	*
14	12	13	4	0.444	0	0	*
15	13	14	3.17	0.25	0	0	*
وهمي	11	14	0	0	50.67	50.67	
16	14	15	4.83	0.694	0	0	*
17	15	16	1.5	0.028	0	0	*
18	16	17	125	25	0	0	*
19	17	18	5.67	2.778	0	0	*

*تم حساب بيانات الجدول من قبل الباحثة باستخدام برنامج MC Tools.

تابع جدول (3-2)

*	0	0	0.028	1	19	18	20
	0	2	0.028	1	20	19	21
*	0	0	0.444	3	21	19	22
	2	2	0	0	21	20	وهمي
*	0	0	4	30	22	21	23
*	0	0	0.111	2	23	22	24
	0	4.92	0.063	1.08	24	23	26
*	0	0	1.778	6	25	23	27
	0.5	0.5	14.694	5.5	26	23	25
	4.92	4.92	0	0	25	24	وهمي
*	0	0	0	0	26	25	وهمي
*	0	0	0.25	3.17	27	26	28
*	0	0	0.028	1	28	27	29
	0	37	0.444	3	29	28	31
*	0	0	11.111	40	30	28	30
	37	37	0	0	30	29	وهمي
*	0	0	13.444	13	31	30	32
*	0	0	0.028	1.5	32	31	33
*	0	0	58.778	24.33	34	32	36
	0	157.17	0.028	1	33	32	37
	133.83	133.83	58.778	24.33	37	32	35
	161.92	161.92	0.063	1.42	38	32	34
*	0	0	100	126	35	34	38
*	0	0	0.694	4.83	36	35	39
*	0	0	0.111	3	37	36	40
	157.17	157.17	0	0	37	33	وهمي
*	0	0	0.25	5.17	38	37	41
*	0	0	0.028	1.5	39	38	42
*	0	0	25	100	40	39	43
*	0	0	13.444	12.33	41	40	44
*	0	0	0.111	2	42	41	45
	0	23.58	0.063	1.08	43	42	46
*	0	0	53.778	24.67	44	42	47
	23.58	23.58	0	0	44	43	وهمي
*	0	0	144	100	45	44	48
*	0	0	4	22	46	45	49

نجد من الجدول السابق أن الأنشطة الحرجة الخاصة بهذه الرحلة ، والتي يجب أن تعطى الأولوية والاهتمام هي:

1,3,4,5,7,8,10,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,28,29,30,32,33,36,38,39,40,41,42, 43,44,45,47,48,49,

وعندئذ يكون زمن الرحلة 185هو مجموع القيم المتوقعة لهذه الأنشطة 817.667 ساعة عمل أي34.069 يوم عمل بدون أي عطلة بانحراف معياري قدره 4.264 يوم، ومع الأخذ في الحسبان العطلة الرسمية هو38.069يوم عمل.أما الأنشطة الباقية فهي غير حرجة لها احتياطي زمني كلي غير معدوم ،يمثل مدة التأخير الممكنة في تنفيذ كل نشاط.نستطيع بوضع القيم المتوقعة الخاصة بكل نشاط حساب أزمنة أحداث شبكة عمل الرحلة 185وفق الاتجاهين الأمامي والعكسي ،ومن خلال إسقاطها على محور الزمن الأفقي كما يتضح في الشكل (3-2)نجد أن :

- تمثل نقاط الإسقاط الأحداث الحرجة الممثلة لنهاية مرحلة معينة ،حيث يبدأ العمل في مرفأ اللاذقية يوم الجمعة الواقع في 24 /12وينتهي بوقوع الحدث الحرج رقم5 ذي الزمن 58.333 ساعة أي بعد 2.43يوم على بدء الرحلة.

- تصل السفينة إلى مرفأ مرسين بوقوع الحدث رقم 7 أي بعد 69.333 ساعة عمل ،وبالرجوع إلى التقويم السنوي نجد أن يوم الوصول هو الاثنين 27/12 ، ويحتاج إنجاز الأنشطة في مرفأ مرسين 83ساعة عمل أي 3.46يوم عمل ، ومن المتوقع أن تغادر السفينة قبل حلول يوم الخميس 31/12بساعتين ونصف تقريباً.ووصولها إلى مرفأ أوديسا الثلاثاء 1/4، حيث ينجز العمل في مرفأ أوديسا بشكل نهائي قبل حلول العطلة الرسمية .
- من المتوقع أن تصل السفينة إلى مرفأ كوستانزا يوم عطلة رسمية(الأحد 1/9) ، هذا ويحتاج إنجاز الأنشطة في هذا المرفأ إلى 179..333ساعة عمل (زمن الحدث رقم39-زمن الحدث رقم30)، وهنا يجب أن نميز بين حالتين:

1. استمرار العمل في العطلة الرسمية : ويكون على الشكل التالي:

- 32ساعة عمل بتعرفة تعادل أضعاف التعرفة الرسمية النظامية (24ساعة الأحد9 /1+8ساعة الاثنين 1/10).
- 104ساعة عمل بتعرفة رسمية نظامية.
- 54.333ساعة عمل بتعرفة مضعفة.

أي يكون لدينا 86.333 ساعة عمل بتعرفة مضعفة.

2. الانتظار حتى انقضاء العطلة الرسمية ، وبدء العمل في الساعة الثامنة من صباح يوم الاثنين 1/10، فيكون لدينا 32ساعة انتظار + 104ساعة عمل بتعرفة نظامية +64ساعة انتظار+75.333ساعة عمل بتعرفة نظامية ، وبالتالي يكون عدد أيام العطل الرسمية 4أيام، أي تغادر السفينة يوم الخميس 1/20.

وعند كل قرار يجب حساب تكاليف الإرساء والوقود والزيوت وغيرها من التكاليف.ومن ثم المفاضلة بين التكاليف الإضافية الناتجة عن العمل خلال العطلة الرسمية، وتلك الناتجة عن الانتظار حتى انقضاء العطلة، واتخاذ القرار الذي يجنب المؤسسة تكاليف إضافية ،وتوقيع عقد النقل بناء عليه. ونجد هنا أن القرار الثاني قد يكون الأفضل .

فيما يخص تقدير بعض بنود تكاليف الرحلة 185بناء على الزمن المتوقع لها بدون اعتبار العطلة الرسمية: نورد كمثال الآتي :

أ- تكاليف الوقود المقدرة لهذه الرحلة هي:

- ❖ خلال مرحلة الإبحار: 7 طن (استهلاك يومي) × 150دولار للطن ×عدد أيام الإبحار(11.5)=12075دولار.
- ❖ خلال مرحلة التوقف من أجل عمليات التحميل والتفريغ وأداء الأعمال الأخرى: 0.5 طن (استهلاك يومي)× 150×22.057=1654.275دولار.


18
554.667
39
خروج
من كوس

التكاليف الإجمالية: 13729.275دولار.

ب- تكاليف الزيوت :3ليتر× 2دولار×المدة الزمنية (34.069)-204.414دولار.

● **الرحلة186:** يعرض الجدول التالي القيم المتوقعة لأزمنة أنشطة هذه الرحلة والاحتياطي الزمني الخاص بها:

جدول(3-3) نتائج تحليل الرحلة 186وفق منهج بيرت*

النشاط	حدث البداية	حدث النهاية	القيمة المتوقعة	التباين	الاحتياطي الزمني الكلي	الاحتياطي الزمني الحر	النشاط الحرج
1	1	2	8	1.778	5.33	0	
2	1	3	13.33	7.111	0	0	*
وهمي	2	3	0	0	5.33	5.33	
3	3	4	2	0.111	0	0	*
4	4	5	1.5	0.028	0	0	*
6	5	6	3	0.111	6	0	
5	5	7	9	0.111	0	0	*
وهمي	6	7	0	0	6	6	
7	7	8	4	0.444	0	0	*
8	8	9	1.5	0.028	0	0	*
12	9	10	1	0.028	59.83	0	
11	9	11	7.67	2.778	0	0	*
10	9	14	4	0.444	56.83	56.83	
9	9	15	1	0.028	62.67	62.67	
وهمي	10	14	0	0	59.83	59.83	
13	11	12	48	16	0	0	*
14	12	13	3.17	0.25	0	0	*
15	13	14	2	0.111	0	0	*
16	14	15	2.83	0.25	0	0	*
17	15	16	1.5	0.028	0	0	*
18	16	17	10	0.111	0	0	*
19	17	18	5	2.778	0	0	*
20	18	19	2	0.111	0	0	*
21	19	20	1.08	0.063	11.25	0	
22	19	21	12.33	13.444	0	0	*
وهمي	20	21	0	0	11.25	11.25	
23	21	22	48	16	0	0	*
24	22	23	7.67	2.778	0	0	*

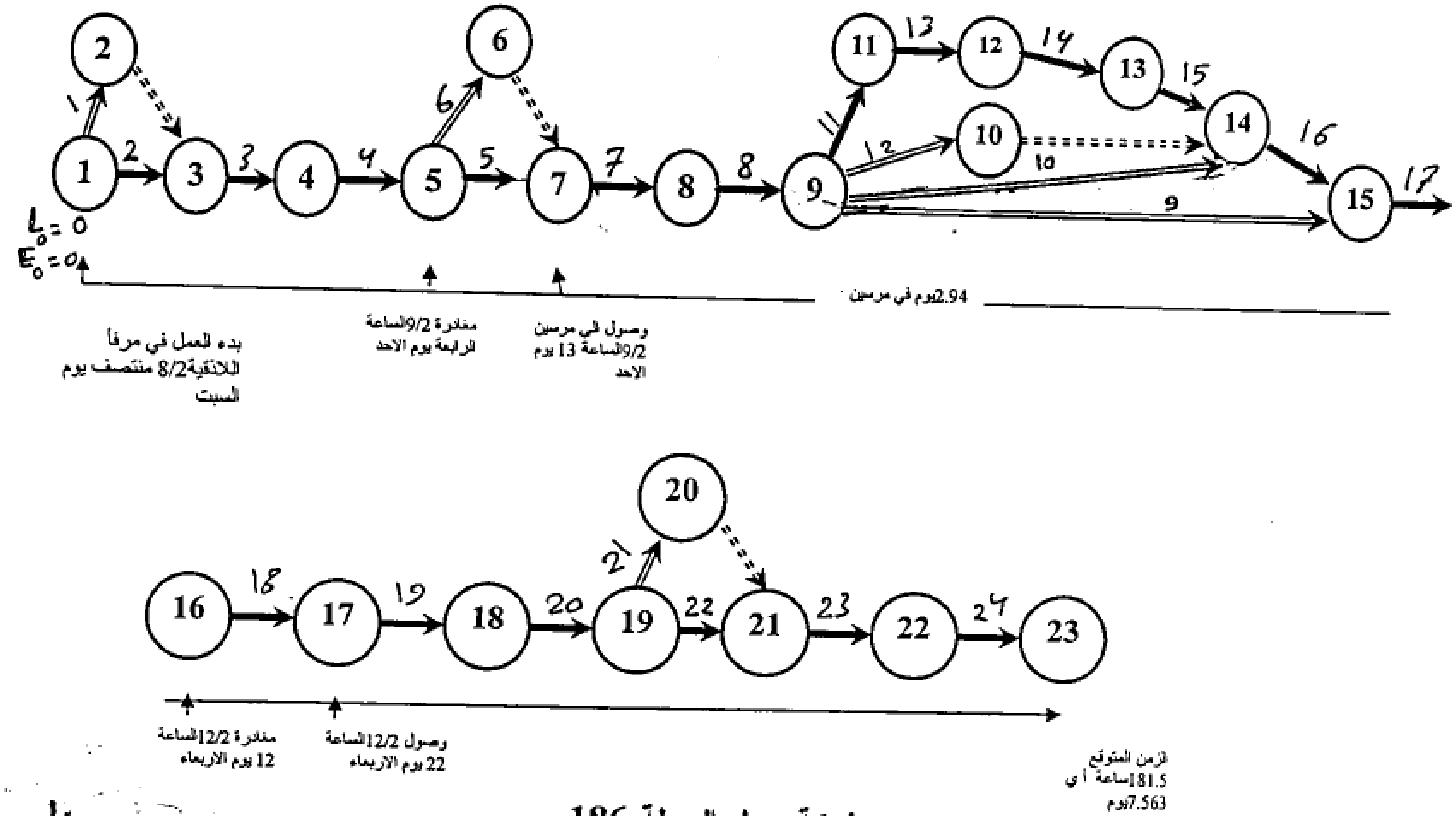
نجد من الجدول السابق أن الأنشطة الحرجة هي:

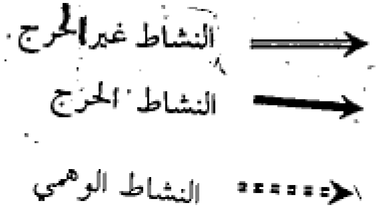
2,3,4,5, 7,8,11,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24

وبالتالي يكون الزمن المتوقع لهذه الرحلة هو181.5ساعة عمل أي 7.563 يوم ،نجد بإسقاط الأحداث الحرجة الممثلة لنهاية مراحل معينة وبداية أخرى لاحقة لها على محور الزمن الأفقي كما في الشكل (3-3) أن:- تبدأ الرحلة البحرية منتصف يوم السبت 2/8.

- تغادر السفينة مرفأ الوطن يوم الأحد 2/9 في الساعة 4والوصول إلى مرسين في اليوم نفسه الساعة 13، حيث يتطلب إنجاز أعمال مرفأ مرسين 2.94 يوم عمل ، ومن المتوقع أن تنجز بالكامل في أيام العمل النظامية .
- تغادر السفينة مرفأ مرسين الأربعاء 2/12الساعة 12.
- تصل السفينة إلى مرفأ طرطوس 2/12.

*تم حساب بيانات الجدول من قبل الباحثة باستخدام برنامج MCTools.





شبكة عمل الرحلة 186

الشكل(3-3)

وبما أن هذه الرحلة تتضمن نشاط إبحار بين مرفأين متجاورين فقط، فيكون احتمـــال وقـــوع الأنشطة الاحتمالية السابقة للرحلة 185صغيراً.ولكن من المتوقع أن تودي الظروف الجويـــة المحيطـــة بتنفيذ نشاطي التحميل والتستيف والتفريغ إلى توقفهما مدة من الزمن.

- **الرحلتان 188,187**:يتم من خلال الرحلتين 188,187نقل بضاعة متماثلة مـــن حيـــث الكـــم والنوع ، وبما أن لهاتين الرحلتين الخط الملاحي نفسه (مرسين – طرطـــوس) ، وســـتنفذان في ظروف جوية متماثلة تقريباً، لذلك لهما بنية تقسيم العمل نفسها والتقديرات الزمنية لأنشطتهما متساوية . والعلاقات المنطقية بين أنشطتهما مماثلة لتلك الخاصة بالرحلة 186.يوضح لنا التحليل الزمني لهما والوارد في الجدول (3-4) أن لهاتين الرحلتين الأنشطة الحرجة نفسها الخاصة بالرحلة 186، ولكن الحمولة أقل ، ويجب أن ينجز نشاط الإبحار بزمن أقل من إنجازه في الرحلة 186. ونجد بإسقاط أحداث شبكة عملهما المماثلة للشكل (3-3) السابق أنه من المتوقع أن تنجز هاتان الرحلتان بزمن قدره 156.249ساعة عمل أي 6.510يوم عمل دون أن يكون هناك أي عطلـــة رسمية في مرفأ مرسين.

جدول(3-4) نتائج تحليل الرحلتين188,187وفق منهج بيرت*

النشاط	حدث البداية	حدث النهاية	القيمة المتوقعة	التباين	الاحتياطي الزمني الكلي	الاحتياطي الزمني الحر	النشاط الحرج
1	1	2	8	1.778	5.33	0	
2	1	3	13.33	7.111	0	0	*
وهمي	2	3	0	0	5.33	5.33	
3	3	4	2	0.111	0	0	*
4	4	5	1.5	0.028	0	0	*
6	5	6	3	0.111	7	0	
5	5	7	10	0.111	0	0	*
وهمي	6	7	0	0	7	7	
7	7	8	4	0.444	0	0	*
8	8	9	1.5	0.028	0	0	*
12	9	10	1	0.028	47.25	0	
11	9	11	7.67	2.778	0	0	*
10	9	14	4	0.444	44.25	44.25	
9	9	15	1	0.028	50.08	50.08	
وهمي	10	14	0	0	47.25	47.25	
13	11	12	36	16	0	0	*
14	12	13	2.58	0.174	0	0	*
15	13	14	2	0.111	0	0	*
16	14	15	2.83	0.25	0	0	*
17	15	16	1.5	0.028	0	0	*
18	16	17	10	0.111	0	0	*
19	17	18	5	2.778	0	0	*
20	18	19	2	0.111	0	0	*
21	19	20	1.08	0.063	11.25	0	
22	19	21	12.33	13.444	0	0	*
وهمي	20	21	0	0	11.25	11.25	
23	21	22	36	16	0	0	*
24	22	23	6	1.778	0	0	*

* تم حساب بيانات الجدول من قبل الباحثة باستخدام برنامج MC Tools.

الرحلة 189:

تمثل الأنشطة الحرجة للرحلة رقم 189الواضحة في الجدول (3-5) بالآتي:

2,3,4,5,7,8,11,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,28,29,30,32,33,36,38,39,40,41,42,43,44,45,47,48,49

وبالتالي يكون الزمن المتوقع لإنجاز هذه الرحلة هو 923.834 ساعة أي 38.493 يوم ، وباعتبار العطلة الرسمية 40.118يوم، أي هناك 1.625يوم عطلة رسمية في مرفأ كوستانزا ، بينما تنجز الأعمال في المرافئ الأخرى في أيام العمل النظامية. يتوقع أن تكون الظروف الجوية متوسطة خلال فترة الرحلة مما يؤدي إلى إنجاز الأنشطة (تحميل وتستيف — إبحار) بزمن أقل من الرحلة 185والتي تماثلها في شبكة العمل .

جدول(3-5) نتائج تحليل الرحلة189 وفق منهج بيرت*

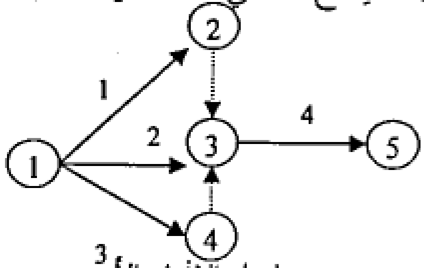
النشاط	حدث البداية	حدث النهاية	القيمة المتوقعة	التباين	الاحتياطي الزمني الكلي	الاحتياطي الزمني الحر	النشاط الحرج
1	1	2	26	36	22	0	
2	1	3	48	64	0	0	*
وهمي	2	3	0	0	22	22	
3	3	4	4.83	0.694	0	0	*
4	4	5	1.5	0.028	0	0	*
6	5	6	4	0.111	5.67	0	
5	5	7	9.67	0.444	0	0	*
وهمي	6	7	0	0	5.67	5.67	
7	7	8	12.33	13.444	0	0	*
8	8	9	1.5	0.028	0	0	*
11	9	10	7.67	2.778	0	0	*
12	9	14	1	0.028	110.83	110.83	
9	9	15	1.5	0.028	115.17	115.17	
10	9	11	12.17	14.694	99.67	0	
13	10	12	96	64	0	0	*
14	12	13	5	0.444	0	0	*
15	13	14	3.17	0.25	0	0	*
وهمي	11	14	0	0	99.67	99.67	
16	14	15	4.83	0.694	0	0	*
17	15	16	1.5	0.028	0	0	*
18	16	17	120	2.778	0	0	*
19	17	18	5.67	2.778	0	0	*
20	18	19	1	0.028	0	0	*
21	19	20	1	0.028	4	0	
22	19	21	5	0.444	0	0	*
وهمي	20	21	0	0	4	4	
23	21	22	72	16	0	0	*
24	22	23	2	0.111	0	0	*
26	23	24	1.08	0.063	11.08	0	
27	23	25	6	1.778	6.17	0	
25	23	26	12.17	14.694	0	0	*
وهمي	24	25	0	0	11	4.92	
وهمي	25	26	0	0	6.17	6.17	
28	26	27	3.17	0.25	0	0	*
29	27	28	1	0.028	0	0	*
31	28	29	3	0.444	27.5	0	

*تم حساب بيانات الجدول من قبل الباحثة باستخدام برنامج MCTools.

تابع جدول(3-5)

30	28	30	30.5	1.361	0	0	*
وهمي	29	30	0	0	27.5	27.5	
32	30	31	13	13.444	0	0	*
33	31	32	1.5	0.028	0	0	*
36	32	34	24.33	58.778	0	0	*
37	32	33	1	0.028	180.33	0	
35	32	37	24.33	58.778	157	157	
34	32	38	1.42	0.063	185.08	185.08	
38	34	35	148	144	0	0	*
39	35	36	6	1	0	0	*
40	36	37	3	0.111	0	0	*
وهمي	33	37	0	0	180.33	180.33	
41	37	38	5.17	0.25	0	0	*
42	38	39	1.5	0.028	0	0	*
43	39	40	86.5	25	0	0	*
44	40	41	12.33	13.444	0	0	*
45	41	42	2	0.111	0	0	*
46	42	43	1.08	0.063	23.25	0	
47	42	44	24.33	58.778	0	0	*
وهمي	43	44	0	0	23.25	23.25	
48	44	45	134	100	0	0	*
49	45	46	13.67	5.444	0	0	*

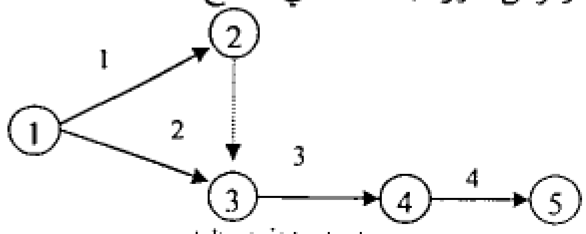
لنفرض أن أنشطة المرحلة الأولى من هذه الرحلة تنفذ وفق ما يتبع في المؤسسة بالتـالي ،حيـث ينتهي إنجاز نشاط ما ليبدأ النشاط اللاحق به،أي تنفذ وفق التسلسل التالي:صيانة وإصـلاح ،تجهيـز السفينة،كشف على السفينة، إصدار أمر الإبحار،عندئـذ يكـون الـزمن الـلازم لإنجـاز هـذه المرحلة80.33ساعة عمل ، وأحياناً يتبع في المؤسسة التسلسل الذي يشير إلى إنجاز نشـاط الكشـف على السفينة بعد ترصيف السفينة أي مع نشاطي الصيانة والتجهيز كما في الشكل (3-4) التالي:



تسلسل الإنجاز الأول

الشكل (3-4)

بينما تسلسل الإنجاز لهذه المرحلة حسب ما يهدف إليه نشاط الكشف على السفينة وهو التأكد من جاهزية السفينة للإبحار ومن شروطها الفنية التي تسمح لها بذلك هو كالتالي:



تسلسل الإنجاز الثاني

الشكل (3-5)

نجد بحساب الزمن المبكر للحدث رقم 5أن الزمن اللازم لإنجاز هذه المرحلة حسب التسلسل الوارد في الشكل (3-4) هو49.5 ساعة ، بينما حسب التسلسل الوارد في الشكل (3-5) هو 54.333 ساعة ، رغم أن التسلسل الأول ينجز المرحلة بزمن أقل إلا أنه لا يحقق غاية نشاط الكشف على السفينة لأنه لا يتضمن الكشف على أعمال الصيانة المنجزة وعلى جاهزية السفينة والتأكد من عدم وجود أية أعطال أخرى تمنع السفينة من الإبحار، لذلك تسلسل الإنجاز الثاني هو الأفضل.

الرحلة190:

إن الأنشطة الحرجة للرحلة 190 كما يتضح من التحليل الزمني في الجدول (3-6) هي الأنشطة الحرجة نفسها للرحلة 185، ولكن يستغرق نشاط التحميل في مرفأ مرسين زمناً أكبر من ذلك المتوقع في الرحلة185 ، نظراً لأن كمية البرتقال أكبر ، ولكن ينفذ ضمن ظروف جوية أفضل. وكذلك الأمر للتحميل في مرفأ كوستانزا ، حيث تتكون البضاعة من ثلاث مواد بينما في الرحلة 185 مادتين فقط ، مما يتطلب زمناً أكبر للمعاينة والتحميل و التستيف والتفريغ. وبإسقاط أزمنة أحداث شبكة العمل للرحلة 190المماثلة لشبكة عمل الرحلة 185 يكون الزمن المتوقع لإنجاز الرحلة مع عطل 40.347يوم وبدون عطل 38.722يوم بانحراف معياري قدره 4.097 يوم.

جدول(3-6) نتائج تحليل الرحلة190وفق منهج بيرت*

النشاط	حدث البداية	حدث النهاية	القيمة المتوقعة	التباين	الاحتياطي الزمني الكلي	الاحتياطي الزمني الحر	النشاط الحرج
2	1	2	26	36	22	0	
1	1	3	48	64	0	0	*
وهمي	2	3	0	0	22	22	
3	3	4	4.83	0.694	0	0	*
4	4	5	1.5	0.028	0	0	*
6	5	6	4	0.111	6	0	
5	5	7	10	0.444	0	0	*
وهمي	6	7	0	0	6	6	
7	7	8	12.33	13.444	0	0	*
8	8	9	1.5	0.028	0	0	*
10	9	10	7.67	2.778	0	0	*
12	9	14	1	0.028	135.83	135.83	
9	9	15	1.5	0.028	140.17	140.17	
11	9	11	12.17	14.694	124.67	0	
13	10	12	120	64	0	0	*
14	12	13	6	0.444	0	0	*
15	13	14	3.17	0.25	0	0	*
وهمي	11	14	0	0	124.67	124.67	
16	14	15	4.83	0.694	0	0	*
17	15	16	1.5	0.028	0	0	*
18	16	17	108.67	21.778	0	0	*
19	17	18	5.67	2.778	0	0	*
20	18	19	1	0.028	0	0	*
21	19	20	1	0.028	4	0	
22	19	21	5	0.444	0	0	*
وهمي	20	21	0	0	4	4	
23	21	22	74	36	0	0	*

* تم حساب بيانات الجدول من قبل الباحثة باستخدام برنامج MCTools.

تابع جدول(3-6)

24	22	23	2	0.111	0	0	*
26	23	24	1.08	0.063	11.08	0	
27	23	25	6	1.778	6.17	0	
25	23	26	12.17	14.694	0	0	*
وهمي	24	25	0	0	11	4.92	
وهمي	25	26	0	0	6.17	6.17	
28	26	27	3.17	0.25	0	0	*
29	27	28	1	0.028	0	0	*
31	28	29	3	0.444	27	0	
30	28	30	30	4	0	0	*
وهمي	29	30	0	0	27	27	
32	30	31	13	13.444	0	0	*
33	31	32	1.5	0.028	0	0	*
36	32	34	36.5	132.25	0	0	*
37	32	33	1	0.028	182.5	0	
35	32	37	24.33	58.778	159.17	159.17	
34	32	38	1.42	0.063	187.25	187.25	
38	34	35	138	100	0	0	*
39	35	36	6	1	0	0	*
40	36	37	3	0.111	0	0	*
وهمي	33	37	0	0	182.5	182.5	
41	37	38	5.17	0.25	0	0	*
42	38	39	1.5	0.028	0	0	*
43	39	40	86	4	0	0	*
44	40	41	12.33	13.444	0	0	*
45	41	42	2	0.111	0	0	*
46	42	43	1.08	0.063	23.58	0	
47	42	44	24.67	53.778	0	0	*
وهمي	43	44	0	0	23.58	23.58	
48	44	45	122	100	0	0	*
49	45	46	13.67	5.444	0	0	*

الرحلة 191:

يتضح من نتائج التحليل الزمني للرحلة 191 الوارد في الجدول(3-7) أن الأنشطة الحرجة هي: 2,3,4,5,7,8,11,13,14,15,16,17,18,19,20,22,25,26,27,28,29,30,31,32

وبالتالي يكون الزمن المتوقع لأداء هذه الرحلة هو 18.748يوم بفرض استمرار العمل في المرافئ أثناء العطلة الرسمية، و20.248يوم مع عطل.

ومن الأنشطة الاحتمالية التي قد تحدث ما يلي:

- ارتفاع درجات الحرارة الذي يؤدي إلى إحداث حرائق ضمن العنابر ، ولا ننسى عامل التمدد الطولي لمعدن الحديد الذي قد يؤثر على توازن السفينة.
- أعطال تمنع السفينة من متابعة رحلتها.

ولمعرفة تأثير حجم الإصلاح والصيانة على تسلسل الإنجاز للمرحلة الأولى التي تتم في مرفأ الوطن والوارد في الشكلين (3-4)و(3-5) على التوالي ، نجد أن هذه المرحلة تنجز حسب التسلسل الأول بزمن قدره 14.833وحسب الثاني بزمن قدره 20ساعة. وبالتالي لا فرق إذا كان حجم الصيانة صغيراً ونشاط التجهيز حرجاً.

جدول(3-7) نتائج تحليل الرحلة 191 وفق منهج بيرت*

النشاط	حدث البداية	حدث النهاية	القيمة المتوقعة	التباين	الاحتياطي الزمني الكلي	الاحتياطي الزمني الحر	النشاط الحرج
1	1	2	8	1.778	5.33	0	
2	1	3	13.33	7.111	0	0	*
وهمي	2	3	0	0	5.33	5.33	
3	3	4	5.17	0.25	0	0	*
4	4	5	1.5	0.028	0	0	*
6	5	6	3	0.444	83.5	0	
5	5	7	86.5	6.25	0	0	*
وهمي	6	7	0	0	83.5	83.5	
7	7	8	13	13.444	0	0	*
8	8	9	1.5	0.028	0	0	*
11	9	10	18.5	30.25	0	0	*
12	9	13	1	0.028	97.83	97.83	
10	9	14	12.17	14.694	86.67	86.67	
9	9	15	1.08	0.063	102.92	102.92	
13	10	11	72	64	0	0	*
14	11	12	5.17	0.694	0	0	*
15	12	13	3.17	0.25	0	0	*
وهمي	13	14	0	0	0	0	*
16	14	15	5.17	0.25	0	0	*
17	15	16	1.5	0.028	0	0	*
18	16	17	86.5	6.25	0	0	*
19	17	18	12.33	13.144	0	0	*
20	18	19	2	0.111	0	0	*
24	19	20	1	0.028	59.67	0	
22	19	21	24.67	53.778	0	0	*
23	19	22	12.17	14.694	48.5	0	
21	19	23	1.42	0.063	59.25	59.25	
25	21	23	36	16	0	0	*
وهمي	22	23	0	0	48.5	48.5	
وهمي	20	22	0	0	59.67	11.17	
26	23	24	2	0.111	0	0	*
27	24	25	1.04	0.016	0	0	*
28	25	26	12.33	13.444	0	0	*
29	26	27	2	0.111	0	0	*
30	27	28	1.08	0.063	0	0	*
31	28	29	36	16	0	0	*
32	29	30	7.5	3.361	0	0	*

الرحلة 170:

نجد من الجدول (3-8) أن أنشطة الرحلة 170 الحرجة هي:

1,3,4,5,7,8,10,13,14,15,17,18,19,20,22,25,26,27,28,29 ,31,32,35,37,38,39, 40,41,42,43,44,46,47,48

وبالتالي يكون الزمن المتوقع لإنجازها 38.336 يوم ومع عطلة رسمية 40.541 يوم ، وكما في الرحلة 185 قد تحدث الأنشطة الاحتمالية نفسها. نشير هنا إلى أن نشاط الإبحار يستغرق زمناً أطول

---

* تم حساب بيانات الجدول من قبل الباحثة باستخدام برنامج MCTools.

نظراً لقدم سفينة اللاذقية أكثر من سفينة أرواد بثلاث سنوات واختلاف أبعادها وحمولتها ، مما يزيد من تكاليف التشغيل للسفينة واستهلاكها للوقود والزيوت ويقلل من سرعتها.

جدول(3-8) نتائج تحليل الرحلة170وفق منهج بيرت*

النشاط	حدث البداية	حدث النهاية	القيمة المتوقعة	التباين	الاحتياطي الزمني الكلي	الاحتياطي الزمني الحر	النشاط الحرج
2	1	2	26	36	26	0	
1	1	3	52	144	0	0	*
وهمي	2	3	0	0	26	26	
3	3	4	4.83	0.694	0	0	*
4	4	5	1.5	0.028	0	0	*
6	5	6	4	0.111	8	0	
5	5	7	12	0.111	0	0	*
وهمي	6	7	0	0	8	8	
7	7	8	12.33	13.444	0	0	*
8	8	9	1.5	0.028	0	0	*
10	9	11	7.67	2.778	0	0	*
9	9	15	1.5	0.028	107.17	107.17	
12	9	10	1	0.028	102.83	0	
11	9	14	12.17	14.694	91.67	91.67	
13	11	12	86	36	0	0	*
14	12	13	6	0.444	0	0	*
15	13	14	4.17	0.25	0	0	*
16	14	15	4.83	0.694	0	50.67	
وهمي	10	14	0	0	102.83	102.83	
17	15	16	1.5	0.028	0	0	*
18	16	17	125	11.111	0	0	*
19	17	18	12.83	10.028	0	0	*
20	18	19	2	0.111	0	0	*
24	19	20	1	0.028	89.33	0	
22	19	21	5	0.444	0	0	*
23	19	23	12.33	13.444	78	78	
21	19	24	1.5	0.028	92.83	92.83	
وهمي	20	23	0	0	89.33	89.33	
25	21	22	72	16	0	0	*
26	22	23	13.33	7.111	0	0	*
27	23	24	4	0.444	0	0	*
28	24	25	1.5	0.02	0	0	*
30	25	26	3	0.444	117	0	
29	25	27	120	64	0	0	*
وهمي	26	27	0	0	117	117	
31	27	28	13	13.444	0	0	*
32	28	29	1.5	0.028	0	0	*
36	29	30	1	0.028	127.17	0	
35	29	31	24.33	58.778	0	0	*
34	29	34	24.33	58.778	103.83	103.83	
33	29	35	1.5	0.028	131.83	131.83	
وهمي	30	34	0	0	127.17	127.17	
37	31	32	96	16	0	0	*
38	32	33	4.83	0.694	0	0	*
39	33	34	3	0.111	0	0	*
40	34	35	5.17	0.25	0	0	*
41	35	36	1.5	0.028	0	0	*
42	36	37	100	25	0	0	*
43	37	38	12.33	13.444	0	0	*
44	38	39	2	0.111	0	0	*
45	39	40	1.08	0.063	11.25	0	
46	39	41	12.33	13.444	0	0	*
وهمي	40	41	0	0	11.25	11.25	
47	41	42	84	16	0	0	*
48	42	43	24	16	0	0	*

*تم حساب بيانات الجدول من قبل الباحثة باستخدام برنامج MCTools.

الرحلة 171:

نجد من التحليل الزمني للرحلة 171 الموضح في الجدول (3-9) أن لها أنشطة الرحلة185 الحرجة نفسها ، ولكن الحمولة مختلفة والسفينة المنفذة للرحلة مختلفة أيضاً.ولكن نتيجة الإسـقاط لأزمنـة أحداث شبكة عملها نجد أن:

- يبدأ العمل في مرفأ الوطن في 3/5 وينتهي بوقوع الحدث رقم5 بعد زمن قدره 58.33ساعة ، وتصل إلى مرسين بعد مرور 67.33ساعة على بدء الرحلة ،أي تصل يوم الأحـد ، وينتـهي العمل في مرفأ مرسين بعد مرور 4.96يوم على وصول السفينة ،وتغادر هذا المرفأ يوم الجمعة قبل حلول الساعة 17 .
- تصل السفينة إلى مرفأ أوديسا الأربعاء بعد 115ساعة إبحار ؛ حيث يتوقع أن تنجز الأنشـطة في هذا المرفأ خلال زمن قدره 70ساعة ، ولكن بعد مرور 65ساعة على بدء العمل في هـذا المرفأ تبدأ العطلة الرسمية ومن البديهي هنا أن يكون القرار استمرار العمل في لمـدة 5سـاعة لتغادر السفينة المرفأ ولا تنتظر 64ساعة حتى يستأنف العمل من جديد .
- تنجز الأنشطة في مرفأ كوستانزا ضمن أيام العمل النظامية.

جدول(3-9) نتائج تحليل الرحلة171وفق منهج بيرت*

النشاط	حدث البداية	حدث النهاية	القيمة المتوقعة	التباين	الاحتياطي الزمني الكلي	الاحتياطي الزمني الحر	النشاط الحرج
2	1	2	26	36	26	0	
1	1	3	52	144	0	0	•
وهمي	2	3	0	0	26	26	
3	3	4	4	0.694	0	0	•
4	4	5	1.5	0.028	0	0	•
6	5	6	4	0.111	5	0	
5	5	7	9	0.444	0	0	•
وهمي	6	7	0	0	5	5	
7	7	8	12.33	13.444	0	0	•
8	8	9	1.5	0.028	0	0	•
10	9	10	7.67	2.778	0	0	•
12	9	14	1	0.028	85.83	85.83	
9	9	15	1.5	0.028	90.17	90.17	
11	9	11	12.17	14.694	74.67	0	
13	10	12	72	64	0	0	•
14	12	13	4	0.444	0	0	•
15	13	14	3.17	0.25	0	0	•
وهمي	11	14	0	0	74.67	74.67	
16	14	15	4.83	0.694	0	0	•
17	15	16	1.5	0.028	0	0	•
18	16	17	115	2.778	0	0	•
19	17	18	5.67	2.778	0	0	•
20	18	19	1	0.028	0	0	•
21	19	20	1	0.028	4	0	
22	19	21	5	0.444	0	0	•
وهمي	20	21	0	0	4	4	
23	21	22	60	16	0	0	•
24	22	23	2	0.111	0	0	•
26	23	24	1.08	0.063	11.08	0	
27	23	25	6	1.778	6.17	0	
25	23	26	12.17	14.694	0	0	•

* تم حساب بيانات الجدول من قبل الباحثة باستخدام برنامج MCTools.

تابع جدول(3-9)

	0	11.08	0.063	1.08	24	23	26
	0	6.17	1.778	6	25	23	27
*	0	0	14.694	12.17	26	23	25
	4.92	11	0	0	25	24	وهمي
	6.17	6.17	0	0	26	25	وهمي
*	0	0	0.25	3.17	27	26	28
*	0	0	0.028	1	28	27	29
	0	27	0.444	3	29	28	31
*	0	0	2.778	30	30	28	30
	27	27	0	0	30	29	وهمي
*	0	0	13.444	13	31	30	32
*	0	0	0.028	1.5	32	31	33
*	0	0	56.25	32.5	34	32	36
	0	130.5	0.028	1	33	32	37
	107.17	107.17	58.778	24.33	37	32	35
	135.25	135.25	0.063	1.42	38	32	34
*	0	0	44.444	92	35	34	38
*	0	0	0.444	4	36	35	39
*	0	0	0.111	3	37	36	40
	130.5	130.5	0	0	37	33	وهمي
*	0	0	0.25	5.17	38	37	41
*	0	0	0.028	1.5	39	38	42
*	0	0	7.111	86.67	40	39	43
*	0	0	13.444	12.33	41	40	44
*	0	0	0.111	2	42	41	45
	0	23.58	0.063	1.08	43	42	46
*	0	0	53.778	24.67	44	42	47
	23.58	23.58	0	0	44	43	وهمي
*	0	0	28.444	80	45	44	48
*	0	0	16	24	46	45	49

الرحلة 172:

نجد من الجدول (3-10)أن للرحلة 172الأنشطة الحرجة نفسها للرحلة170، ولكن بقيم متوقعة مختلفة لأنشطة التحميل والتستيف والتفريغ ، بينما يمكن تأخير إنجاز الأنشطة غير الحرجة للرحلة 172مدة زمنية أطول منها في الرحلة 170، والزمن المتوقع لأداء هذه الرحلة هو44.729يوم مع عطلة رسمية، و41.479 يوم بدون عطلة رسمية.

جدول(3-10) نتائج تحليل الرحلة172وفق منهج بيرت*

النشاط الحرج	الاحتياطي الزمني الحر	الاحتياطي الزمني الكلي	التباين	القيمة المتوقعة	حدث النهاية	حدث البداية	النشاط
	0	26	36	26	2	1	2
*	0	0	144	52	3	1	1
	26	26	0	0	3	2	وهمي
*	0	0	0.694	4.83	4	3	3
*	0	0	0.028	1.5	5	4	4
	6.33	6.33	0.111	4	6	5	6
*	0	0	0.444	10.33	7	5	5
	8	6.33	0	0	7	6	وهمي
*	0	0	13.444	12.33	8	7	7
*	0	0	0.028	1.5	9	8	8
*	0	0	2.778	9.67	11	9	10
	144.17	144.17	0.028	1.5	15	9	9
	0	139.83	0.028	1	10	9	12
	128.67	128.67	14.694	12.17	14	9	11
*	0	0	64	120	12	11	13
*	0	0	0.444	7	13	12	14
*	0	0	0.25	4.17	14	13	15
*	0	0	0.694	4.83	15	14	16

*تم حساب بيانات الجدول من قبل الباحثة باستخدام برنامج MCTools.

تابع جدول(3-10)

النشاط	حدث البداية	حدث النهاية	القيمة المتوقعة	التباين	الاحتياطي الزمني الكلي	الاحتياطي الزمني الحر	النشاط الحرج
وهمي	10	14	0	0	139.83	139.83	
17	15	16	1.5	0.028	0	0	*
18	16	17	120	11.111	0	0	*
19	17	18	12.83	10.028	0	0	*
20	18	19	1.5	0.028	0	0	*
24	19	20	1	0.028	127.33	0	
22	19	21	7	0.444	0	0	*
23	19	23	12.33	13.444	116	116	
21	19	24	1.5	0.028	130.83	130.83	
وهمي	20	23	0	0	127.33	127.33	
25	21	22	108	16	0	0	*
26	22	23	13.33	7.111	0	0	*
27	23	24	4	0.444	0	0	*
28	24	25	1.5	0.02	0	0	*
30	25	26	3	0.444	98	0	
29	25	27	101	32.111	0	0	*
وهمي	26	27	0	0	98	98	
31	27	28	13	13.444	0	0	*
32	28	29	1.5	0.028	0	0	*
36	29	30	1	0.028	141.33	0	
35	29	31	24.33	58.778	0	0	*
34	29	34	24.33	58.778	118	118	
33	29	35	1.5	0.028	146	146	
وهمي	30	34	0	0	141.33	141.33	
37	31	32	108	16	0	0	*
38	32	33	7	1	0	0	*
39	33	34	3	0.111	0	0	*
40	34	35	5.17	0.25	0	0	*
41	35	36	1.5	0.028	0	0	*
42	36	37	86.5	6.25	0	0	*
43	37	38	12.33	13.444	0	0	*
44	38	39	2	0.111	0	0	*
45	39	40	1.08	0.063	11.25	0	
46	39	41	12.33	13.444	0	0	*
وهمي	40	41	0	0	11.25	11.25	
47	41	42	96	16	0	0	*
48	42	43	24	16	0	0	*

الرحلة 173: نجد من الجدول (3-11)أن للرحلة 173 الأنشطة الحرجة نفسها للرحلة186 ، ولكن بما أن الحمولة نفسها والمرافئ نفسها والسفينة مختلفة والفترة الزمنية مختلفة أيضاً ، فمن المتوقع إنجاز هذه الرحلة ضمن ظروف جوية مثلى. يبقى الاختلاف في الإبحار الذي يستغرق هنا زمناً أكبر نظراً لقدم السفينة واختلاف تصميمها. ويكون الزمن المتوقع لأداء هذه الرحلة9.84يوم مع عطلة رسمية ، و8.215يوم بدون عطلة رسمية.

جدول(3-11) نتائج تحليل الرحلة173وفق منهج بيرت*

النشاط	حدث البداية	حدث النهاية	القيمة المتوقعة	التباين	الاحتياطي الزمني الكلي	الاحتياطي الزمني الحر	النشاط الحرج
1	1	2	8	1.778	18	0	
2	1	3	26	36	0	0	*
وهمي	2	3	0	0	18	18	
3	3	4	2	0.111	0	0	*
4	4	5	1.5	0.028	0	0	*
6	5	6	3	0.111	8	0	
5	5	7	11	0.111	0	0	*
وهمي	6	7	0	0	8	8	
7	7	8	4	0.444	0	0	*
8	8	9	1.5	0.028	0	0	*
12	9	10	1	0.028	59.83	0	

*تم حساب بيانات الجدول من قبل الباحثة باستخدام برنامج MCTools.

تابع جدول(3-11)

11	9	11	7.67	2.778	0	0	•
10	9	14	4	0.444	56.83	56.83	
9	9	15	1	0.028	62.67	62.67	
وهمي	10	14	0	0	59.83	59.83	
13	11	12	48	16	0	0	•
14	12	13	3.17	0.25	0	0	•
15	13	14	2	0.111	0	0	•
16	14	15	2.83	0.25	0	0	•
17	15	16	1.5	0.028	0	0	•
18	16	17	11	0.111	0	0	•
19	17	18	5	2.778	0	0	•
20	18	19	2	0.111	0	0	•
21	19	20	1.08	0.063	11.25	0	
22	19	21	12.33	13.444	0	0	•
وهمي	20	21	0	0	11.25	11.25	
23	21	22	48	16	0	0	•
24	22	23	7.67	2.778	0	0	•

الرحلة174:

نجد من الجدول (3-12)أن للرحلة 174الأنشطة الحرجة

التالية:.1,3,4,5,7,8,11,13,14,15,16,17,18,19,20,22,25,26,27,28,29,30,31,32

جدول(3-12) نتائج تحليل الرحلة174وفق منهج بيرت*

النشاط	حدث البداية	حدث النهاية	القيمة المتوقعة	التباين	الاحتياطي الزمني الكلي	الاحتياطي الزمني الحر	النشاط الحرج
2	1	2	13.33	7.111	12.67	12.67	0
1	1	3	26	36	0	0	•
وهمي	2	3	0	0	0	0	•
3	3	4	5.17	0.25	0	0	•
4	4	5	1.5	0.028	0	0	•
6	5	6	3	0.444	85.5	0	
5	5	7	88.5	6.25	0	0	•
وهمي	6	7	0	0	85.5	85.5	
7	7	8	13	13.444	0	0	•
8	8	9	1.5	0.028	0	0	•
11	9	10	18.5	30.25	0	0	•
12	9	13	1	0.028	95.83	95.83	
10	9	14	12.17	14.694	84.67	84.67	
9	9	15	1.08	0.063	100.92	100.92	
13	10	11	70	64	0	0	•
14	11	12	5.17	0.694	0	0	•
15	12	13	3.17	0.25	0	0	•
وهمي	13	14	0	0	0	0	•
16	14	15	5.17	0.25	0	0	•
17	15	16	1.5	0.028	0	0	•
18	16	17	88.5	6.25	0	0	•
19	17	18	12.33	13.144	0	0	•
20	18	19	2	0.111	0	0	•
24	19	20	1	0.028	58.67	0	
22	19	21	24.67	53.778	0	0	•
23	19	22	12.17	14.694	47.5	0	
21	19	23	1.42	0.063	58.25	58.25	
25	21	23	35	16	0	0	•
وهمي	22	23	0	0	47.5	47.5	
وهمي	20	22	0	0	58.67	11.17	
26	23	24	2	0.111	0	0	•
27	24	25	1.5	0.02	0	0	•
28	25	26	12.33	13.444	0	0	•
29	26	27	2	0.111	0	0	•
30	27	28	1.08	0.063	0	0	•
31	28	29	35	16	0	0	•
32	29	30	7.5	3.361	0	0	•

*تم حساب بيانات الجدول من قبل الباحثة باستخدام برنامج MCTools.

ومن المتوقع أن تنفذ هذه الرحلة ضمن ظروف جوية مماثلة لظروف الرحلة191،ونجد بالمقارنة بين تحليلهما أن:

- نشاط الإصلاح والصيانة حرج في الرحلة 174نظراً لحجم الإصلاح الكبير المطلوب لسفينة اللاذقية المنفذة لهذه الرحلة ، وقدمها أكثر من سفينة أرواد المنفذة للرحلة 191.
- القيمة المتوقعة لزمن إنجاز نشاط الإبحار من طرطوس إلى كوستانزا وفق سفينة اللاذقية 88.5ساعة، بينما في الرحلة191الخاصة بسفينة أرواد 86.5ساعة نظراً لاختلاف كمية البضاعة المنقولة واختلاف عمر السفينتين.
- يمكننا تأخير إنجاز أنشطة الرحلة174مدة زمنية أطول من أنشطة الرحلة 191غير الحرجة.

يتوقع وصول السفينة إلى مرفأ كوستانزا يوم الأحد الساعة17، ويحتاج تنفيذ الأنشطة في هذا المرفأ إلى4.95يوم عمل لتنجز ، حيث تنتظر السفينة15ساعة حتى انقضاء العطلة لتباشر أعمالها ، هذا وتحل الساعة 17من يوم الجمعة و لم ينتهِ العمل بعد حيث يحتاج إلى 0.95يوم ، لذلك من الأفضل أن يستمر العمل فور وصول السفينة ولو بتعرفة أكبر.

نخلص من هذا التحليل إلى أن:

- يكون نشاط الصيانة والإصلاح حرجاً عندما يكون حجم هذا النشاط كبيراً، ويعدُّ نشاط تجهيز السفينة نشاطاً حرجاً عند صغر حجم الإصلاح المطلوب.
- يعترض إنجاز أنشطة الرحلة البحرية في أغلب الأحيان عطل رسمية ،وذلك في مرفأ كوستانزا نظراً لحجم العمل الكبير المطلوب إنجازه في هذا المرفأ من جهة ، وضعف مستوى التنظيم وأسلوب العمل غير المتطور من جهة أخرى.
- لا يعترض تنفيذ العمل في المرافئ الروسية (أوديسا واليسترمك) عطلة رسمية كبيرة ، لا تتجاوز بضع ساعات ، أو تكاد تكون معدومة ، ويعود السبب إلى :
  - ❖ توفر يد عاملة مؤهلة ومدربة على إنجاز أعمالها وذات خبرة عالية.
  - ❖ أسلوب العمل في المرفأ متطور جداً.
  - ❖ الإدارة والتنظيم الفعال.
  - ❖ الاعتماد على آلات وأدوات حديثة ومتطورة وكثيرة العدد.
  - ❖ التنسيق الفعال بين القائمين بالعمل كافة في المرفأ وشركات النقل والموانئ والتوكيلات الملاحية .
  - ❖ وجود مكتب خاص مهمته انجاز أعمال التحزيم للبضائع.
  - ❖ حرص العاملين الذين يعتمد عليهم على انجاز أعمالهم بالسرعة القصوى.
- إنجاز نشاط الكشف على السفينة بعد إنجاز نشاطي الإصلاح والتجهيز بشكل نهائي.

3-7-2-التحليل الضبابي لرحلات عينة الدراسة:

نفرض لإجراء هذا التحليل بأن أنشطة الرحلات جميعاً ترتبط بعلاقة منطقية من النوع نهاية – بداية، بالإضافة إلى أن أزمنة أنشطة الرحلات لها توزيع مثلثي الشكل (a,b,c,d)، حيث b=c، أي أن التعبير المستخدم هو أن الزمن المتوقع للرحلة البحرية هو الزمن الأكثر احتمالاً تقريباً. وكانت نتائج هذا التحليل كما يلي:

1. **الرحلة 185**: يوضح الشكل (3-6) نتائج التحليل الضبابي لهذه الرحلة ويظهر أن : الأنشطة الحرجة هي تلك الأنشطة التي يتساوى الزمن المتأخر الضبابي لبدايتها مع الزمن المبكر الضبابي لبدايتها ، وكذلك الزمن المتأخر الضبابي لنهايتها مع الزمن المبكر الضبابي لنهايتها أي أن: $FLS = FES \;,\; FEF = FLF$

هذا ويمثل زمن النهاية التمهيدية FLF^M الحد الأقصى الذي يجب أن ننهي النشاط عنده ، وأي قيمة أقل من هذا الحد تكون ممكنة لإنهاء هذه الأنشطة ، أما إذا تجاوزنها فالتأخير في إنجازها سيقع حتماً.ونجد بمقارنة هذا التحليل مع التحليل التقليدي أن أنشطة الرحلة الحرجة بقيت نفسها كما في التحليل التقليدي ، ولكن بمؤشرات زمنية جديدة. بينما نجد أن الأنشطة غير الحرجة يجب إنهاء العمل الذي تمثله ضمن حد التابع اليميني للزمن المتأخر الضبابي للنشاط الحرج الذي يلحق بها .

إن الزمن الأعظمي المتوقع لهذه الرحلة 1157ساعة وكحد وسطي801.5 ساعة و544ساعة كحد أصغري.

الرحلة 186:يوضح الشكل (3-7) أن الزمن الضبابي للمشروع هو (116,179.5,179.5,255) ساعة ، في هذه الحالة يمكن أن تترجم المدة الزمنية على أنها وسطياً 179.5ساعة مع زمن أصغري حتمي هو 116ساعة وزمن أعظمي هو 255 ساعة. والاحتياطي الكلي للأنشطة موضح في الجدول (3-13)التالي:

جدول (3-13) الاحتياطي الزمني الكلي لأنشطة الرحلة 186*

TFتقليدي	TFضبابي	C^{FLS}	C^{FES}	النشاط
0	0	0	0	Start
5.33	6.667	6.667	0	1
0	0	0	0	2
0	0	14.667	14.667	3
0	0	16.667	16.667	4
0	0	18.667	18.667	5

* تم اعداد هذا الجدول من قبل الباحثة.

تابع جدول (3-13)

6	5.499	24.167	18.667	6
0	0	27.167	27.167	7
0	0	31.167	31.167	8
62.67	69.507	102.167	32.667	9
56.83	66.667	99.333	32.667	10
0	0	32.667	32.667	11
59.83	66.167	98.833	32.667	12
0	0	40	40	13
0	0	88	88	14
0	0	91.33	91.33	15
0	0	93.33	93.33	16
0	0	96	96	17
0	0	97.5	97.5	18
0	0	107.5	107.5	19
0	0	113.5	113.5	20
11.25	22	137.5	115.5	21
0	0	115.5	115.5	22
0	0	128.17	128.17	23
0	0	156.17	156.17	24
0	0	183.5	183.5	End

نجد من الجدول السابق أن الأنشطة الحرجة بقيت نفسها كما في التحليلين السابقين ،أما فيما يخص الأنشطة غير الحرجة التي لها احتياطي زمني كلي غير معدوم، يمكن أن نرتبها حسب أولويتها في المراقبة بالاعتماد على قيم الاحتياطي الزمني الضبابي الكلي لها الواردة في هذا الجدول كما يلي:6,1,21,12,10,9 .

نجد من خلال المقارنة بين قيم الاحتياطي الكلي لهذه الأنشطة وفق التحليل الضبابي وقيمه وفق تحليل PERTالواضح في الجدول (3-3)أن:

قيم الاحتياطي الزمني الكلي لأنشطة الرحلة 186 غير الحرجة وفق التحليل الضبابي أكبر من قيمه وفق تحليل PERT ، وبالتالي يمكننا أن نؤجل تنفيذ هذه الأنشطة مدة زمنية أطول منها وفق نتائج التحليل التقليدي.أما ترتيب هذه الأنشطة غير الحرجة من حيث الأولوية في المراقبة وفق تحليل بيرت كما يلي: 1,6,21,10,12,9 . ولمزيد من التوضيح حول كيفية حساب الأزمنة الضبابية المبكرة والمتأخرة و قيم الاحتياطي الزمني الكلي نورد المثال التالي عن النشاط رقم 8 :

الأزمنة المبكرة التي يتم الحصول عليها من حسابات الاتجاه الأمامي :

$FES_8=FEF_7=(20,28.5,28.5,45)$

$FEF_8=FES_8+FD_8=(21,30,30,47)$

الأزمنة المتأخرة التي تحسب وفق الاتجاه العكسي :

يلحق بالنشاط 8 الأنشطة (9,10,11,12) .

وبالتالي يكون:

$$PLF_8=(21,30,30,47)$$

عندئذ $FLF^M=(-\infty, -\infty, 30,47)$.

ومن خلال المقارنة بين f-e=17 وبين d-c=17 .

نجد أن العدد الضبابي Y=(0,0,0,0)

وبالتالي يكون:

$$FLF_8=FEF_8+Y=(21,30,30,47)$$.

ومنه يكون لدينا:

$$FLS_8=(20,28.5,28.5,45)$$

أما فيما يخص حسابات الاحتياطي الزمني الكلي نجد:

$$C^{FES}_8=-20^2-28.5^2+28.5^2+47^2-20\times28.5+28.5*47/3(-20-28.5+28.5+47)=31.167$$

وبالتالي يكون :

$$TF_8=C^{FLS}_8-C^{FES}_8=0$$.

الرحلتان188,187:يوضح الجدول (3-14) نتائج التحليل الضبابي لهاتين الرحلتين ، حيث يشير إلى أن الزمن الضبابي المتوقع لإنهاء هذه الرحلة هو وسطياً154ساعة و كحد أعظمي 229ساعة و92.5ساعة كحد أصغري.ونجد من خلال مقارنة أزمنة البدء المبكرة التقليدية للأنشطة مع تلك الأزمنة الضبابية لبداية الأنشطة أن:

- جميع قيم الأزمنة المبكرة للبدء وفق PERTأكبر من تلك الحدود الدنيا لزمن البدء المبكر الضبابي، وبالتالي يمكننا البدء بالنشاط بزمن أقل من الزمن المحسوب وفق النموذج التقليدي.
- الحدود القصوى لزمن البدء الضبابي أكبر من ES وفق PERT، مما يدل على أنه يمكن البدء بتنفيذ النشاط وفق الضبابية بعد زمن أكبر من زمن ES التقليدية دون أن يتأثر زمن المشروع.

نجد الأمر نفسه عند مقارنة LFمعFLF ،أي يمكننا تأجيل عملية تنفيذ النشاط وإنهائه وفق التحليل الضبابي مدة أكبر منه في التحليل التقليدي دون أن يتأخر تنفيذ المشروع.

جدول (3-14) نتائج التحليل الضبابي للرحلتين 187-188 *

النشاط	FD	FES	FEF	FLFM	FLF	FLS	Es تقليدي	LF تقليدي
Start	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(-∞,-∞,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	0	13.333
1	(4,8,8,12)	(0,0,0,0)	(4,8,8,12)	(-∞,-∞,12,24)	(8,12,12,36)	(4,4,4,24)	0	13.333
2	(8,12,12,24)	(0,0,0,0)	(8,12,12,24)	(-∞,-∞,12,24)	(8,12,12,24)	(0,0,0,0)	0	13.333
3	(1,2,2,3)	(8,12,12,24)	(9,14,14,27)	(-∞,-∞,14,27)	(9,14,14,27)	(8,12,12,24)	13.333	15.333
4	(1,1.5,1.5,2)	(9,14,14,27)	(10,15.5,15.5,29)	(-∞,-∞,15.5,29)	(10,15.5,15.5,29)	(9,14,14,27)	15.333	16.833
5	(9,10,10,11)	(10,15.5,15.5,29)	(19,25.5,25.5,40)	(-∞,-∞,25.5,40)	(19,25.5,25.5,40)	(10,15.5,15.5,29)	16.833	26.833
6	(2,3,3,4)	(10,15.5,15.5,29)	(12,18.5,18.5,33)	(-∞,-∞,25.5,40)	(19,25.5,25.5,40)	(17,22.5,22.5,36)	16.833	19.833
7	(2,4,4,6)	(19,25.5,25.5,40)	(21,29.5,29.5,46)	(-∞,-∞,29.5,46)	(21,29.5,29.5,46)	(19,25.5,25.5,40)	26.833	30.833
8	(1,1.5,1.5,2)	(21,29.5,29.5,46)	(22,31,31,48)	(-∞,-∞,31,48)	(22,31,31,48)	(21,29.5,29.5,46)	30.833	32.333
9	(0.5,1,1,1.5)	(22,31,31,48)	(22.5,32,32,49.5)	(-∞,-∞,82.5,119)	(73,82.5,82.5,119)	(72.5,81.5,81.5,117.5)	32.333	83.416
10	(2,4,4,6)	(22,31,31,48)	(24,35,35,54)	(-∞,-∞,79.5,115)	(68.5,79.5,79.5,115)	(66.5,75.5,75.5,109)	32.333	80.583
11	(2,8,8,12)	(22,31,31,48)	(24,39,39,60)	(-∞,-∞,39,60)	(24,39,39,60)	(22,31,31,48)	32.333	40
12	(0.5,1,1,1.5)	(22,31,31,48)	(22.5,32,32,49.5)	(-∞,-∞,79.5,115)	(70,79.5,79.5,115)	(69.5,78.5,78.5,113.5)	32.333	80.853
13	(24,36,36,48)	(24,39,39,60)	(48,75,75,108)	(-∞,-∞,75,108)	(48,75,75,108)	(24,39,39,60)	40	76
14	(1.5,2.5,2.5,4)	(48,75,75,108)	(49.5,77.5,77.5,112)	(-∞,-∞,77.5,112)	(49.5,77.5,77.5,112)	(48,75,75,108)	76	78.583
15	(1,2,2,3)	(49.5,77.5,77.5,112)	(50.5,79.5,79.5,115)	(-∞,-∞,79.5,115)	(50.5,79.5,79.5,115)	(49.5,77.5,77.5,112)	78.583	80.583
16	(1,3,3,4)	(50.5,79.5,79.5,115)	(51.5,82.5,82.5,119)	(-∞,-∞,82.5,119)	(51.5,82.5,82.5,119)	(50.5,79.5,79.5,115)	80.583	83.416
17	(1,1.5,1.5,2)	(51.5,82.5,82.5,119)	(52.5,84,84,121)	(-∞,-∞,84,121)	(52.5,84,84,121)	(51.5,82.5,82.5,119)	83.416	84.916
18	(9,10,10,11)	(52.5,84,84,121)	(61.5,94,94,132)	(-∞,-∞,94,132)	(61.5,94,94,132)	(52.5,84,84,121)	84.916	94.916
19	(2,4,4,12)	(61.5,94,94,132)	(63.5,98,98,144)	(-∞,-∞,98,144)	(63.5,98,98,144)	(61.5,94,94,132)	94.916	99.916
20	(1,2,2,3)	(63.5,98,98,144)	(64.5,100,100,147)	(-∞,-∞,100,147)	(64.5,100,100,147)	(63.5,98,98,144)	99.916	101.916
21	(0.5,1,1,2)	(64.5,100,100,147)	65,101,101,149	(-∞,-∞,112,171)	76,112,112,171-	(75.5,111,111,169)	101.916	102.999
22	(2,12,12,24)	(66.5,112,112,171)	(66.5,112,112,171)	(-∞,-∞,112,171)	(66.5,112,112,171)	(64.5,100,100,147)	101.916	114.249
23	(24,36,36,48)	(66.5,112,112,171)	(90.5,148,148,219	(-∞,-∞,148,219)	(90.5,148,148,219	(66.5,112,112,171)	114.249	150.249
24	(2,6,610)	(90.5,148,148,219	(92.5,154,154,229)	(-∞,-∞,154,229)	(92.5,154,154,229)	(90.5,148,148,219	150.249	156.249
End	(0,0,0,0)	(92.5,154,154,229)	(92.5,154,154,229)	(-∞,-∞,154,229)	(92.5,154,154,229)	(92.5,154,154,229)	150.249	156.249

* تم حساب البيانات من قبل الباحثة .

الرحلة189: نجد من التحليل الضبابي لهذه الرحلة والموضح في الشكل (3-8)أن:

- بقيت أنشطة الرحلة الحرجة نفسها كما في التحليل التقليدي ، لكن بأزمنة بدء وإنهاء مختلفة، حيث نجد أن جميع الأزمنة المتوقعة للبدء والإنهاء للأنشطة الحرجة وغير الحرجة لهذه الرحلة هـي أزمنـة ضبابية لها توزيع مثلثي باستثناء الزمن المتأخر الضبابي لبداية النشاط رقم (2) (نشاط لتجهيز السفينة بالمؤن والوقود والزيوت وكل ما يلزم للقيام بالرحلة البحرية) فهو زمن محدد،يشير إلى أن أقصـى زمن يمكن أن نبدأ به هذا النشاط هو 24،عندئذ أي تأخير في بدء هذا النشاط بعد هـذا الـزمن سيؤدي حتماً إلى التأخير في إنجاز المشروع، وتكون أي قيمة لزمن البداية المتأخرة لهذا النشاط قبل أو بعد(24)ساعة مستحيلة .

- من المتوقع أن ينتهي إنجاز هـذه الرحلـة خـلال زمـن أقصـاه 1220سـاعة ،وكحـد أدنى 672ساعة،ووسطياً 913ساعة.

- تنتهي أنشطة المرحلة الأولى من هذه الرحلة (الأنشطة في مرفأ طرطوس)بإنجـاز النشـاط رقـم 4(إصدار أمر الإبحار من مرفأ طرطوس إلى مرفأ اسكندرون)، حيث من المتوقع أن تنجـز هـذه المرحلة خلال زمن أقصاه 81ساعة ، وضمن زمن أصغري27ساعة، و 54.5 ساعة وسطياً.بينمـا تنجز هذه المرحلة في الرحلة 185ضمن زمن أعظمي 105 ساعة ، وزمـن أصـغري27سـاعة ، و54.5ساعة وسطياً . هذا ويعود سبب اختلاف الزمن الأعظمي اللازم لإنجاز هذه المرحلـة إلى أن الحد الضبابي اليميني للزمن الضبابي المتوقع لإنجاز نشاط الإصلاح والصيانة في الرحلة 185أكبر منه في الرحلة189 نظراً للظروف الجوية السيئة التي يتوقع أن ينفذ خلالها هـذا النشـاط في الرحلـة 185(24/12-2/2) ، ويتوقع أن تكون الظروف الجوية جيدة لتنفيذ هذا النشاط في الرحلة189 التي تنفذ خلال الفترة (15/3-25/4)، أما حجم الإصلاح فهو متقارب.

الرحلة 190 :يوضح الشكل (3-9) أن:

1. الزمن الضبابي المتوقع لإنجاز هذه الرحلة هو 1250 ساعة كحد أقصى ،و916.5كحد وسطي،و661 كحد أدنى.حيث لها الأنشطة الحرجة نفسها كما في التحليل التقليدي.
2. لم يتغير الزمن المتوقع لإنهاء أنشطة المرحلة الأولى من هذه الرحلة عن ذلك الزمن المتوقع في الرحلة 189 ،و لكن تغير عما هو متوقع في الرحلة 185 بسبب تغير الظروف الجوية المتوقعة لأداء نشاط الصيانة و الإصلاح وتغير حجم الإصلاح.
3. تتشابه هذه الرحلة مع الرحلة 185،حيث نجد من مقارنة تحليلهما الضبابي أن:

- يتم تنفيذ المرحلة الأولى من هذه الرحلة (الأنشطة في مرفأ الوطن) خلال الزمن الضبابي المتوقع (27،54.5،54.5،81)،بينما يتوقع أن يكون في الرحلة 185 (27،54.5،54.5،105)،أي باختلاف الزمن الأعظمي نظراً لاختلاف الظروف الجوية المحيطة بتنفيذ أنشطة هذه المرحلة.
- يتم إنجاز الأنشطة في مرفأ مرسين في الرحلة 185ضمن الزمن التالي:

الزمن المتوقع لإنهاء النشاط 7+ الزمن المتوقع لإنهاء الأنشطة في مرفأ مرسين= الزمن المتوقع لإنهاء النشاط17،أي أن:

(73,148.5,148.5,247)= الزمن المتوقع لإنهاء الأنشطة في مرفأ مرسين+(39,77.5,77.5,141) ساعة،ومنه يكون الزمن المتوقع لإنهاء الأنشطة في مرفأ مرسين=(34,71,71,106) ساعة ،بينما نجد أن الزمن المتوقع لأداء هذه الأنشطة في مرفأ مرسين من خلال الرحلة 190هو(108,145,145,180) ساعة.وعلى الرغم من أن السفينة المنفذة للرحلتين 190,185 هي سفينة أرواد ، والأنشطة تنفذ في المرفأ نفسه، فإن الاختلاف بين الزمن المتوقع لهذه المرحلة في الرحلتين سببه ما يلي:

- يتم تحميل 850 طن برتقال في الرحلة 185، بينما الكمية المشحونة من البرتقال في الرحلة 190هي 2400طن .
- تختلف الظروف الجوية المحيطة بعملية تنفيذ هذه المرحلة بين الفترة (2/2-24/12) الخاصة بتنفيذ الرحلة 185والفترة (3/5-15/6) الخاصة بتنفيذ الرحلة 190.

- اختلاف الزمن المتوقع للإبحار من مرسين إلى أوديسا وذلك بسبب تأثير الظروف الجوية و الكمية المشحونة من البرتقال على سرعة السفينة.
- من البديهي أن يختلف الزمن المتوقع لإنجاز الأنشطة في مرفأ أوديسا في كل من الرحلتين نظراً لاختلاف كمية البرتقال التي سيتم تفريغها .

الرحلة 191 :

تنفذ هذه الرحلة ضمن الفترة 1/7-22/7 ، حيث الظروف الجوية الجيدة والملائمة لعملية التنفيذ،فمن المتوقع أن تنجز هذه الرحلة ضمن الزمن الضبابي (298.25,445.5,445.5,619.5) حسب ما أشارت إليه نتائج التحليل الضبابي لهذه الرحلة والموضحة في الشكل (3-10)، حيث تنفذ هذه الرحلة وفقاً للمراحل التالية:

1. تنجز الأنشطة في مرفأ طرطوس ضمن الزمن الضبابي (13,18.5,18.5,33) ساعة عمل.
2. ينفذ نشاطا الإبحار وإصدار أمر الشحن بزمن ضبابي (97,104.5,104.5,128) ساعة عمل على بدء الرحلة.
3. يبدأ إنجاز الأنشطة في مرفأ كوستانزا بالنشاط 7 ، وينتهي بإنجاز النشاط 17،حيث من المتوقع أن تنجز هذه المرحلة ضمن الزمن الضبابي (62,106,106,156) ساعة عمل.
4. ينجز نشاط الإبحار إلى طرطوس بزمن ضبابي قدره (80,86,86,95) ساعة عمل.
5. تنجز الأنشطة في مرفأ طرطوس بزمن ضبابي قدره (30,64,64,102).
6. يتوقع أن ينجز نشاط الإبحار إلى اللاذقية بزمن ضبابي قدره (0.75,1,1,1.5) ساعة عمل.
7. ينتهي إنجاز الأنشطة في مرفأ اللاذقية ضمن الزمن الضبابي (28.5,47,47,65) ساعة عمل.

يشير الزمن الضبابي المتأخر لبدء النشاط رقم 1غير الحرج (نشاط الصيانة والإصلاح) إلى أن هذا الزمن له انتشار يميني فقط ،أي حد ضبابي واحد (12-4) ،وتكون أي قيمة لهذا الزمن قبل 4 ساعات مستحيلة.

بقيت الأنشطة الحرجة نفسها كما في التحليل التقليدي .

الرحلة 170 :

يشير التحليل الضبابي لهذه الرحلة والوارد في الشكل (3-11) إلى أن الزمن الضبابي المتوقع لهذه الرحلة هو (688,925,925,1216) ساعة عمل ، حيث أن أنشطة الرحلة الحرجة نفسها كما في التحليل التقليدي .

يتضح من هذا الشكل أن لزمن البداية المتأخر الضبابي الخاص بالنشاط رقم 2 (نشاط تجهيز السفينة بالمؤن والوقود والموارد الأخرى) له حد ضبابي يميني واحد (48-24) ، وأي قيمة لهذا الزمن قبل 24 ساعة غير ممكنة .

تنجز هذه الرحلة وفقاً للمراحل التالية :

1. يتم انجاز المرحلة الأولى في مرفأ اللاذقية بزمن ضبابي قدره (26,53,53,103) ساعة عمل .
2. تنجز الأنشطة في مرفأ مرسين بزمن ضبابي قدره (85,110,110,145) ساعة عمل.
3. تنفذ أنشطة المرحلة الثالثة في مرفأ الخمس في ليبيا ، و التي تهدف إلى تفريغ 2200 طن من الاسمنت بزمن ضبابي قدره (74,94.5,94.5,123) ساعة عمل.
4. تنجز الأنشطة في مرفأ كوستانزا بزمن ضبابي قدره (95,134.5,134.5,176) ساعة عمل.
5. ينتهي انجاز الأنشطة في مرفأ اللاذقية بزمن ضبابي قدره (87,122,122,159) ساعة عمل.

نشير هنا إلى أن الظروف الجوية المحيطة بعملية تنفيذ الرحلة 170 ليست جيدة وملائمة للتنفيذ ، مما انعكس سلباً على أزمنة أنشطة التحميل والتفريغ والتحزيم والإبحار.

يؤدي قدم سفينة اللاذقية إلى زيادة حجم الإصلاح والصيانة المطلوبين لها بين الرحلة والأخرى ، حيث كان الزمن المتوقع لأداء هذا النشاط (24,48,48,96)ساعة عمل .

الرحلة 171 :

يتضح لنا من الشكل (3-12) الذي يتضمن نتائج التحليل الضبابي للرحلة 171 أن الزمن الضبابي المتوقع لإنجازها هو (546,784.5,784.5,1067) ساعة عمل ، حيث الأنشطة الحرجة نفسها كما في التحليل التقليدي .و نجد بمقارنة هذا التحليل مع التحليل الضبابي للرحلة 190 التي تهدف إلى نقل المواد نفسها وإلى المرافئ نفسها كما في الرحلة 171 أن:

1. الزمن المتأخر لبدء النشاط رقم 2 (تجهيز السفينة) محدد في الرحلة 190، بينما يكون ضبابياً في الرحلة 171 بحد ضبابي يميني واحد فقط.

2. اختلاف قيمة الحد الاعظمي للزمن الضبابي المتوقع للنشاط رقم 1 ،وهذا يعود إلى الظروف الجوية التي تكون أشد تأثيراً على الرحلة 171 من الرحلة 190 ،نظراً لأنها تنفذ في شهري آذار و نيسان بينما تنفذ الرحلة190 خلال شهري أيار وحزيران.

الزمن الضبابي المتوقع لإنهاء الرحلة 190 أكبر منه في الرحلة 171 ، وذلك لتباين الكمية المشحونة من كل مادة في الرحلتين ، حيث كمية كل مادة مشحونة في الرحلة 190 أكبر منها في للرحلة171، وهذا يجعل الزمن المطلوب لأداء أنشطة التحميل والتفريغ والتحزيم وتنظيف العنابر في الرحلة 190 كبيراً.

لنفرض أن أنشطة الرحلة171جميعها ستنفذ بالزمن الضبابي الأصغري المتوقع لإنجازها ، عندئذ يكون الزمن المتوقع لإنجاز هذه الرحلة زمناً محدداً يساوي 545 ساعة عمل.

الرحلة 172 : كما رأينا في التحليل الضبابي للرحلة 170 المشابهة للرحلة 172بأن الزمن الضبابي المتأخر لبداية النشاط رقم 2 تجهيز السفينة له حد ضبابي واحد (48-24) ، وأن الأنشطة الحرجة نفسها كما في التحليل التقليدي لهذه الرحلة والتحليل الضبابي للرحلة 170 ،لكن الزمن المتوقع لإنجاز الرحلة 172هو (757,1086.5,1086.5,1270) ساعة عمل أكبر من الزمن المتوقع في الرحلة 170 نظراً لأن الكمية المشحونة من كل مادة أكبر منها في الرحلة 170 ، رغم أن الظروف الجوية المحيطة بتنفيذ أنشطة الرحلة 170 غير جيدة (15/1-26/2) ، بينما تعد ملائمة في الرحلة 172 (13/4-28/5) ، وهذا ما يقلل من زمن الإبحار، فمثلاً كان الزمن الضبابي المتوقع للإبحار من مرفأ الخمس إلى مرفأ كوستانزا في الرحلة 170 (96,120,120,144) وفي الرحلة 172 (86,100,100,120) كما يوضح الشكل (3-13) المتضمن نتائج التحليل الضبابي للرحلة 172.

لنفرض أن الظروف المحيطة بعملية التنفيذ ستكون في أسوأ حال ممكنة، وستنفذ الأنشطة جميعها وبالكامل دون أن يترك أي جزء منها ، ستنقل الكمية المقررة دون أي رفض لأي وحدة فيها، كم أن معاينة البضاعة ستشمل الوحدات المنقولة كافة. و الأمر نفسه بالنسبة للأنشطة الباقية، أي سيتحقق الهدف المتوقع الحصول منه من كل نشاط بالكامل ،عندئذ يكون الزمن المتوقع لانجاز هذه الرحلة1270ساعة عمل .

الرحلة 173 :

يظهر لنا التحليل الضبابي لهذه الرحلة والوارد في الجدول (3-15) أن الزمن الضبابي المتوقع لإنهاء هذه الرحلة هو كزمن أعظمي 282 ساعة عمل و وسطياً 194.5 ساعة عمل و123 ساعة كحد أدنى . ونجد من خلال مقارنة هذا التحليل مع التحليل الضبابي للرحلات 186,188,187 أن:

1. مع الرحلة 186 :

إن الزمن المتوقع لإنجاز الرحلة 173 أكبر من الزمن الضبابي للرحلة 186على الرغم من تجانس المادة المشحونة من حيث الكم والنوع وتجانس الخط الملاحي، ويعود سبب الاختلاف إلى ما يلي:

- اختلاف الزمن الضبابي المتوقع FD للنشاط رقم 2 تجهيز السفينة ، حيث من المتوقع أن ينجز في الرحلة 186بزمن أقل منه في الرحلة 173نظراً لأن السفينة تكون عائدة من ثلاث رحلات طويلة تضم أربعة مرافئ من جهة ، واختلاف الظروف الجوية بين شهر شباط الذي تنفذ فيه الرحلة 186وشهر آذار الذي تنفذ فيه الرحلة 173 من جهة أخرى.
- تباين الزمن المتوقع للإبحار من وإلى طرطوس ، وذلك بسبب تباين الظروف الجوية وقدم سفينة اللاذقية أكثر من سفينة أرواد بـ ثلاث سنوات ، مما يؤثر سلباً على سرعة السفينة وبالتالي على زمن نشاط الإبحار.

2. مع الرحلتين 188,187:

إن الزمن الضبابي المتوقع للرحلتين 188,187 هو(92.5,154,154,229) أصغر من الزمن الضبابي المتوقع للرحلة173، و ذلك لأن كمية الصودا المشحونة في الرحلة 173 (3009) طن أكبر من كميتها في الرحلتين 188,187 (2006) طن ، مما يجعل أزمنة كل من الأنشطة التالية (معاينة البضاعة ، تحميل وتستيف ، تحزيم ،تفريغ ،تنظيف العنابر) أصغر من قيم الزمن اللازم لإنجازها في الرحلة 173 ، وذلك على الرغم من أن الظروف الجوية أكثر ملائمة لإنجاز أنشطة الرحلة 173 .

جدول (3-15) نتائج التحليل الضبابي للرحلة 173

النشاط	FD	FES	FEF	FLFM	FLF	FLS
Start	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(-∞ ,-∞ ,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)
1	(4,8,8,12)	(0,0,0,0)	(4,8,8,12)	(-∞ ,-∞ ,24,48)	(20,24,24,48)	(16,16,16,36)
2	(12,24,24,48)	(0,0,0,0)	(12,24,24,48)	(-∞ ,-∞ ,24,48)	(12,24,24,48)	(0,0,0,0)
3	(1,2,2,3)	(12,24,24,48)	(13,26,26,51)	(-∞ ,-∞ ,26,51)	(13,26,26,51)	(12,24,24,48)
4	(1,1.5,1.5,2)	(13,26,26,51)	(14,27.5,27.5,53)	(-∞ ,-∞ ,27.5,53)	(14,27.5,27.5,53)	(13,26,26,51)
5	(10,11,11,12)	(14,27.5,27.5,53)	(24,38.5,38.5,65)	(-∞ ,-∞ ,38.5,65)	(24,38.5,38.5,65)	(14,27.5,27.5,53)
6	(2,3,3,4)	(14,27.5,27.5,53)	(16,30.5,30.5,57)	(-∞ ,-∞ ,38.5,65)	(24,38.5,38.5,65)	(22,35.5,35.5,61)
7	(2,4,4,6)	(24,38.5,38.5,65)	(26,42.5,42.5,71)	(-∞ ,-∞ ,42.5,71)	(26,42.5,42.5,71)	(24,38.5,38.5,65)
8	(1,1.5,1.5,2)	(26,42.5,42.5,71)	(27,44,44.73)	(-∞ ,-∞ ,44,73)	(27,44,44.73)	(26,42.5,42.5,71)
9	(0.5,1,1,1.5)	(27,44,44.73)	(27.5,45,45.74.5)	(-∞ ,-∞ ,108,157)	(90.5,108,108,157)	90,107,107,155.50-
10	(2,4,4,6)	(27,44,44.73)	(29,48,48,79)	(-∞ ,-∞ ,105,153)	86,105,105,153-	84,101,101,147-
11	(2,8,8,12)	(27,44,44.73)	(29,52,52,85)	(-∞ ,-∞ ,52,85)	(29,52,52,85)	(27,44,44.73)
12	(0.5,1,1,1.5)	(27,44,44.73)	(27.5,45,45,74.5)	(-∞ ,-∞ ,105,153)	(87.5,105,105,153)	87,104,104,151.50-
13	(36,48,48,60)	(29,52,52,85)	65,100,100,145	(-∞ ,-∞ ,100,145)	65,100,100,145	(29,52,52,85)
14	(2,3,3,5)	65,100,100,145	67,103,103,150	(-∞ ,-∞ ,103,150)	67,103,103,150	65,100,100,145
15	(1,2,2,3)	67,103,103,150	68,105,105,153-	(-∞ ,-∞ ,105,153)	68,105,105,153-	67,103,103,150-
16	(1,3,3,4)	68,105,105,153-	69,108,108,157-	(-∞ ,-∞ ,108,157)	69,108,108,157-	68,105,105,153-
17	(1,1.5,1.5,2)	69,108,108,157-	(70,109.5,109.5,159)	(-∞ ,-∞ ,109.5,159)	(70,109.5,109.5,159)	69,108,108,157-
18	(10,11,11,12)	(70,109.5,109.5,159)	(80,120.5,120.5,171)	(-∞ ,-∞ ,120.5,171)	(80,120.5,120.5,171)	(70,109.5,109.5,159)
19	(2,4,4,12)	(80,120.5,120.5,171)	(82,124.5,124.5,183)	(-∞ ,-∞ ,124.5,183)	(82,124.5,124.5,183)	(80,120.5,120.5,171)
20	(1,2,2,3)	(82,124.5,124.5,183)	(83,126.5,126.5,186)	(-∞ ,-∞ ,126.5,186)	(83,126.5,126.5,186)	(82,124.5,124.5,183)
21	(0.5,1,1,2)	(83,126.5,126.5,186)	(83.5,127.5,127.5,188)	(-∞ ,-∞ ,138.5,210)	94.5,138.5,138.5,210	(94,137.5,137.5,208)
22	(2,12,12,24)	(83,126.5,126.5,186)	85,138.5,138.5,210	(-∞ ,-∞ ,138.5,210)	85,138.5,138.5,210	(83,126.5,126.5,186)
23	(36,48,48,60)	85,138.5,138.5,210	121,186.5,186.5,270	(-∞ ,-∞ ,186.5,270)	121,186.5,186.5,270	85,138.5,138.5,210
24	(2,8,8,12)	121,186.5,186.5,270	123,194.5,194.5,282	(-∞ ,-∞ ,194.5,282)	123,194.5,194.5,282	121,186.5,186.5,270
End	(0,0,0,0)	123,194.5,194.5,282	123,194.5,194.5,282	(-∞ ,-∞ ,194.5,282)	123,194.5,194.5,282	123,194.5,194.5,282

الرحلة 174 :

نجد من التحليل الضبابي لهذه الرحلة والوارد في الشكل (3-14) أن :

- الزمن الضبابي المبكر لبدء النشاط رقم 2 غير الحرج (نشاط تجهيز السفينة) لـه حـد ضبابي واحد فقط (24-12)، وأي قيمة لهذا الزمن قبل 12ساعة غير ممكنة . بينما كـان هذا النشاط حرجاً في الرحلة 191 ، ونشاط الإصلاح والصيانة غير حرج ، حيث FLS الخاص بهذا النشاط له حد ضبابي واحد فقط.
- لم تتغير الأنشطة الحرجة في هذا التحليل عن تلك التي تم تحديدها في التحليل التقليدي.
- الزمن الضبابي المتوقع لإنهاء هذه الرحلة (299.5,458,458,644) ساعة عمل.
- نجد من مقارنة هذا التحليل مع التحليل الضبابي للرحلة 191 أن الزمن الضبابي المتوقـع لإنجاز الرحلة174 أكبر من ذلك الزمن الضبابي المتوقع لإنجاز الرحلة 191،على الرغم من أن الظروف الجوية شبه متماثلة وملائمة لإنجاز هاتين الرحلتين، بالإضـافة إلى تجـانس المادة المشحونة (مواسير حديد + خشب+cnz)، وذلك لأن:

1. تُنفِذ سفينة أرواد الرحلة 191بينما تُنفِذ سفينة اللاذقية الرحلة174،حيث يكمن الفرق بين هاتين السفينتين في ما يلي:

- تم بناء سفينة أرواد عام 1972 في ألمانيا ، بينما بنيت سفينة اللاذقية عام 1969 في هولندا.
- اختلاف أبعاد السفينتين وتصميمهما كما يتضح في الملحق H.

2. الفرق في كمية البضاعة المشحونة والبالغ 73 طن.
3. اختلاف المسار الحرج على الرغم من التشابه بين هاتين الرحلتين ، حيث كان نشاط الإصلاح والصيانة حرجاً و نشاط تجهيز السفينة غير حرج في الرحلـة 174 ، بينما نجد عكس ذلك في الرحلة 191 ، وذلك بسبب اختلاف حجـم الإصلاح والصيانة ، حيث كان كبيراً في الرحلة 174.

يمكننا القول أن نتائج الجدولة الضبابية مقبولة ، وذلك لأنها تؤكد الشروط الثلاثة الآتية:

- قيود الجدولة الزمنية الناتجة عن حسابات الاتجاهين الأمامي والعكسي مقبولة.
- قيمة الأزمنة الأربعة للعدد الضبابي موجبة.
- لا يتجاوز أي عنصر العناصر التالية له .

نخلص من التحليلين السابقين إلى المقارنة التالية :

1. لم تتغير الأنشطة الحرجة في كل من التحليلين الضبابي وPERT.
2. الزمن المتوقع وفق النموذج الضبابي منطقي أكثر منه وفق التحليل التقليدي لأنه يقدم ثلاثة مؤشرات للزمن هي:

أ- زمن أصغري عند حدوث أمور غير متوقعة تؤثر إيجابياً على تنفيذ النشاط ، أو عند تنفيذ جزء من النشاط وليس النشاط بالكامل ، إضافة إلى الحد الأصغري للنهاية التمهيدية غير المنتهي الذي من الممكن أن يكون معدوماً عند عدم تنفيذ النشاط .

ب- زمن أعظمي يشير إلى الزمن المتوقع لإنجاز النشاط عندما تؤثر سلباً على عملية التنفيذ أمور غير متوقعة الحدوث .

ت- زمن وسطي يمثل القيمة المتوقعة للزمن بدرجة انتماء أكبر من الزمنين الأصغري والأعظمي.

3. يمكننا حسب التحليل الضبابي أن ننجز الأنشطة ضمن إمكانيات مختلفة نظراً لأنه يقدم مؤشرات لأزمنة البدء والإنهاء المتأخرة والمبكرة قيمها أكبر من قيم المؤشرات التقليدية.
4. إن قيم الاحتياطي الزمني الكلي للأنشطة غير الحرجة وفق التحليل الضبابي أكبر منه في التحليل التقليدي ، مما يعطي الخطة الزمنية الموضوعة حسب هذا التحليل مرونة أكبر من تلك الموضوعة حسب التحليل التقليدي.

3-7-3- تقدير زمن الرحلة186باستخدام مؤشرات التوزيع الاحتمالي المقدرة وفق الطريقة الضبابية :

نحدد من أجل تحليل الرحلة 186 زمنياً وفق تقديرات النظرية الضبابية لمؤشرات التوزيع الاحتمالي العوامل النوعية المؤثرة على زمن إنجاز كل نشاط من أنشطتها وحالات هذه العوامل وتواتر حدوث كل حالة وتأثيرها السلبي،بغية تحويل العامل النوعي إلى مقياس عددي يمكننا من خلاله تعديل قيم مؤشرات التوزيع الاحتمالي ،فمثلاً يتم تقدير مؤشرات التوزيع الذي يخضع له زمن النشاط رقم1(نشاط الصيانة والإصلاح) كما يلي:

إن من أهم العوامل النوعية التي تؤثر على أعمال الصيانة والاصلاح خبرة القائمين بها،

وتصنف هذه الخبرة الى حالات ثلاث : عالية ، متوسطة ، و ضعيفة ونبين فيما يلي تواتر حـــدوث كل حالة و تأثيرها السلبي على المدة الزمنية اللازمة لانجاز النشاط :

الحالة	تواتر الحدوث F	التأثير السلبي (C)
عالية	كبير جداً	صغيراً جداً
متوسطة	صغير	صغيراً نوعاً ما
ضعيفة	صغير جداً	كبير

تحويل التعابير اللغوية السابقة إلى مجموعات ضبابية وإيجاد العلاقات بينها:

C_1 صغير جداً

$C_1 \times F_1$=

F_1 كبير جداً

	0	0.1	0.2
0.8	0.25	0.25	0.25
0.9	0.8	0.8	0.25
1	1	0.81	0.25

C2صغير جداً نوعاً ما

$C_2 \times F_2$=

F_2 صغير

	0	0.1	0.2
0	1	0.88	0.42
0.1	0.9	0.88	0.42
0.2	0.5	0.5	0.42

كبير

$C_3 \times F_3$=

F_3 صغير جداً

	0.8	0.9	1
0	0.5	0.9	1
0.1	0.5	0.81	0.81
0.2	0.25	0.25	0.25

$T = (C_1 \times F_1) \cup (C_2 \times F_2) \cup (C_3 \times F_3)$:

T =

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0	1	0.88	0.42	0	0	0	0	0	0.5	0.9	1
0.1	0.9	0.88	0.42	0	0	0	0	0	0.5	0.81	0.81
0.2	0.5	0.5	0.42	0	0	0	0	0	0.25	0.25	0.25
0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.8	0.25	0.25	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0
0.9	0.8	0.8	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0.81	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0

أما العلاقات الضبابية بين نتائج التأثير السلبي للعوامل النوعية والمدة الزمنية موضحة كما يلي:

R1 : نتائج التأثير السلبي C كبيرة ← المدة الزمنية متوسطة

R2 : نتائج التأثير السلبي C متوسطة ← المدة الزمنية صغيرة

R3 : نتائج التأثير السلبي C صغيرة ← المدة الزمنية صغيرة جداً

المجموعات الضبابية للتعابير اللغوية المستخدمة في وصف المدة الزمنية هي:

D متوسطة= {4/0, 8/1, 12/0.2}

D صغيرة= {4/1, 8/0.5, 12/0}

D صغيرة جداً= {4/1, 8/0.2, 12/0}

D متوسطة

		4	8	12
R_1 = C كبيرة	0.8	0	0.5	0.2
	0.9	0	0.9	0.2
	1	0	1	0.2

D صغيرة

		4	8	12
R_2 = C متوسطة	0.3	0.2	0.2	0
	0.4	0.8	0.5	0
	0.5	1	0.5	0
	0.6	0.8	0.5	0
	0.7	0.2	0.2	0

D صغيرة جداً

		4	8	12
R_3 = C صغيرة	0	1	0.1	0
	0.1	0.9	0.1	0
	0.2	0.5	0.1	0

$R = R_1 \cup R_2 \cup R_3 =$

	4	8	12
0	1	0.1	0
0.1	0.9	0.1	0
0.2	0.5	0.1	0
0.3	0.2	0.2	0
0.4	0.8	0.5	0
0.5	1	0.5	0
0.6	0.8	0.5	0
0.7	0.2	0.2	0
0.8	0	0.5	0.2
0.9	0	0.9	0.2
1	0	1	0.2

TOR =

F تواتر الحدوث

D المدة الزمنية

T	4	8	48	$\sum TOR_{ij}$	$\sum TOR_{ij} \times F_i$
0	1	1	0.2	2.2	0
0.1	0.9	0.81	0.2	1.91	0.191
0.2	0.5	0.25	0.2	0.95	0.19
0.3	0	0	0	0	0
0.4	0	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0	0
0.6	0	0	0	0	0
0.7	0	0	0	0	0
0.8	0.25	0.1	0	0.35	0.28
0.9	0.8	0.1	0	0.9	0.81
1	1	0.1	0	1.1	1.1

المجموعة الضبابية لزمن النشاط 1 هي: [12/0 , 8/0.1 , 4/1]

التوزيع الاحتمالي لــ D1 زمن النشاط 1 :

$P(D1=4) = 1 \div 1.1 = 0.909$, $P(D1=8) = 0.1 \div 1.1 = 0.091$

$P(D1=12) = 0 \div 1.1 = 0$, $\overline{D_1} = 4 \times 0.909 + 8 \times 0.091 + 12 \times 0 = 4.368$

$$\sigma_1^{\,2} = (4)^2 \times 0.909 + (8)^2 \times 0.091 + (12)^2 \times 0 - (4.368)^2 = 1.305$$

يمكننا بعد حساب جميع المؤشرات للتوزيعات الاحتمالية الخاصة

PERTبهذه التقديرات الموضحة في الجدول التالي:

جدول(3- 16)مؤشرات التوزيع الاحتمالي المقدرة وفق الطريقة الضبابية والتقليدية للرحلة186.

النشاط	العامل النوعي المدروس	قيمة متوقعة (ضبابية)	تباين (ضبابي)	قيمة متوقعة (تقليدي)	تباين (تقليدي)
1	خبرة عمالة	4.368	1.305	8	1.778
2	خبرة القائمين بالعمل	11.076	2.842	13.33	7.111
3	خبرة مشرفين	1.092	0.082	2	0.111
4	مهارة يدوية ،ظروف جوية	1.5	0.2	1.5	0.028
5	ظروف جوية	9.833	0.139	9	0.111
6	مهارة يدوية وعملية	2.167	0.139	3	0.111

تابع جدول (3-16)

7	مهارة يدوية وعملية	2.184	0.326	4	0.444
8	مشغولية الميناء ،ظروف جوية	1.047	0.0196	1.5	0.028
9	خبرة مشرفين	0.546	0.02	1	0.028
10	خبرة عمالة	2.184	0.326	4	0.444
11	خبرة مشرفين	2.548	2.97	7.67	2.778
12	خبرة القائمين بالعمل	0.546	0.02	1	0.028
13	خبرة عمالة ،ظروف جوية	58.968	8.439	48	16
14	خبرة عمالة ،ظروف جوية	4.823	0.308	3.17	0.25
15	مهارة يدوية وعملية	1.092	0.082	2	0.111
16	خبرة مشرفين	1.183	0.330	2.83	0.25
17	مهارة يدوية ،ظروف جوية	1.5	0.2	1.5	0.028
18	ظروف جوية	10.833	0.139	10	0.111
19	مهارة يدوية وعملية	2.334	0.556	5	2.778
20	مشغولية الميناء ،ظروف جوية	1.092	0.082	2	0.111
21	خبرة مشرفين	0.584	0.034	1.08	0.063
22	خبرة مشرفين	2.912	8.264	12.33	13.444
23	خبرة عمالة ،ظروف جوية	57.228	25.580	48	16
24	خبرة عمالة ،ظروف جوية	11.648	1.188	7.67	2.778

نجد من الجدول السابق أن جميع قيم المؤشرات المقدرة وفق النظرية الضبابية أصغر من تلك المقدرة وفق الأسلوب التقليدي باستثناء قيم المؤشرات الخاصة بالأنشطة التالية:

- نشاطا الإبحار (5،18) حيث كان تواتر الحدوث لحالة الظروف الجوية الرديئة كبيراً جـداً وكما نعلم أن التأثير السلبي لهذه الحالة كبير أيضاً.

- التحميل والتستيف والتحزيم في مرفأ مرسين: يقوم بأداء هذا العمل عمال مؤقتين وليسوا دائمين يتمتعون بالخبرة والمهارة ، مما يجعل تواتر الحدوث لحالة خبرة العمالة الضعيفة كبيراً وتأثيره السلبي على المدة الزمنية كبيراً أيضاً، ولا ننسى الظروف الجوية الرديئة التي تؤدي إلى توقف هذه الأنشطة أي أن العلاقة الضبابية لهذه الحالة هي (كبير× كبير).
- تفريغ البضاعة في مرفأ طرطوس: يقوم بأداء هذا العمل عمالة جديدة في كل رحلة تفتقر إلى الخبرة والمهارة فتكون العلاقة الضبابية بين حالة الخبرة الضعيفة والتأثير السلبي من الشكل (كبير جداً × كبير جداً).

تم تحليل شبكة عمل الرحلة رقم 186 باستخدام المؤشرات المقدرة وفق النظرية الضبابية فتم التوصل إلى :

- لم تتغير الأنشطة الحرجة في كل من التحليل التقليدي لهذه الرحلة والتحليل بتقديرات نظرية المجموعات الضبابية .
- إن الزمن المتوقع للرحلة حسب تقديرات النظرية الضبابية هو 182.893ساعة أي 7.621 يوم، بينما كان وفق التحليل التقليدي 181.5ساعة أي 7.563يوم.

3-7-4- اختبار فروض البحث:

يعرض الجدول (3-17) الأزمنة المقدرة للرحلات المدروسة وفق كل من التحليل الضبابي وPERT والفعلية ، و نجد من هذا الجدول أن :

1. الزمن المقدر للرحلات البحرية باسلوب التخطيط الشبكي أقرب إلى الزمن الفعلي لهذه الرحلات من قيم الزمن المقدر وفق الأسلوب المتبع في المؤسسة العامة للنقل البحري. باستثناء قيم الزمن الأصغري الضبابي لها.
2. إن الأخذ بالاعتبار أيام العطل الرسمية للمرافئ التي تتم إليها الرحلات المدروسة أعطى نتائج شبه واقعية ، حيث كان الزمن المقدر باسلوب بيرت مع اعتبار العطل أقرب ما يمكن للزمن الفعلي من التقديرات الأخرى.
3. تجاوزت قيم الزمن الأعظمي الضبابي المقدر للرحلات البحرية المدروسة الزمن الفعلي ، وذلك لأن هذا التقدير يقدم لنا معلومات عن الزمن المتوقع للرحلة البحرية عند وقوع أحداث غير متوقعة مؤثرة سلباً على زمن الرحلة البحرية كالعواصف مثلاً .حيث يمثل هذا الزمن الحد الأقصى للزمن الذي يجب أن تنجز الرحلة البحرية خلاله ويتحقق الهدف منها،وذلك عندما تنجز في أسوأ الحالات.

جدول (3-17) الأزمنة الفعلية و المقدرة للرحلات البحرية المدروسة   الوحدة : يوم*

الرحلة	زمن فعلي	زمن مقدر بأسلوب المؤسسة	زمن مقدر وفقPERT		زمن مقدر بنموذج الشبكة الضبابية		
			عطل	بدون عطل	أعظمي	وسطي	أصغري
185	40	30	38.069	34.069	48.208	33.396	22.667
186	8	8	7.563	7.563	10.625	7.479	4.833
187	8	6	6.51	6.51	9.542	6.417	3.854
188	8	6	6.51	6.51	9.542	6.417	3.854
189	41	30	40.118	38.493	50.833	38.042	28
190	43	32	40.347	38.722	52.083	38.188	27.542
191	21	18	20.248	18.748	25.813	18.563	12.427
170	42	32	40.541	38.336	50.667	38.542	28.667
171	36	24	32.695	32.695	44.458	32.688	22.75
172	45	32	44.729	41.479	52.917	45.271	31.542
173	10	8	9.84	8.215	11.75	8.104	5.125
174	22	18	19.295	19.295	26.833	19.083	12.479
المتوسط	27	20.333	29.639	28.097	32.773	24.349	16.978
التباين	244	121.333	188.912	166.572	354.125	220.218	120.085

4. قد يتبادر إلى ذهننا بأن سفن تجاوزت عمرها الاقتصادي وقديمة ولا تتمتع بمواصفات السفن الحديثة، لا يمكنها أن تنجز رحلاتها ضمن قيم الزمن الأصغري الضبابي ، وبالتالي فإن هذا الزمن يمثل تقديراً غير منطقي لزمن الرحلة البحرية. يمثل الزمن الأصغري الضبابي تقديراً لزمن الرحلة عند وقوع أحداث مؤثرة إيجابا على زمن الرحلة البحرية مثل رفض البضاعة وقذفها في البحر، حيث أعطى قانون النقل البحري الحق لربان السفينة أن يقذف جزء أو كل البضاعة المشحونة في البحر عندما يكون هناك خطراً على حياة الطاقم وعلى سلامة السفينة. فعند رفض البضاعة بعد معاينتها بالكامل لن تنجز الأنشطة(تحميل وتستيف ، وتفريغ ، وتحزيم) وسوف ينخفض زمن الرحلة إلى مادون النصف تقريباً ،وهذا ما يعكسه مؤشر الزمن الضبابي الأصغري، حيث لا يقل زمن الرحلة عن 16.978يوم بالمتوسط.

نفرض لإجراء الاختبارات أن مستوى الدلالة هو ($\alpha = 5\%$) ، عندئذ تكون القيمة النظرية لتوزيع t المقابلة لمستوى الدلالة السابق ودرجات الحرية22مساوية $t(22,1-\alpha/2)=2.074$ وتستخدم المعادلات التالية في الاختبار:

*تم حساب بيانات الجدول من قبل الباحثة.

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \qquad (1-3)$$

$$\sigma_{\bar{\Delta}}^2 = s^2\left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right] \qquad (2-3)$$

$$|t| = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sigma_{\bar{\Delta}}} \qquad (3-3)$$

جدول(3-18) نتائج الاختبارات*

الفرض	s^2	$\sigma_{\bar{\Delta}}$	$\|t\|$
الفرض الأول	182.667	5.518	1.208
الفرض الثاني بدون عطل	205.286	5.849	0.188
الفرض الثاني مع عطل	216.456	6.006	0.439
الفرض الثالث أعظمي	299.0625	7.060	0.812
الفرض الثالث وسطي	232.109	6.220	0.426
الفرض الثالث أصغري	182.043	5.508	1.820

نجد من الجدول السابق بأن قيم مؤشر الاختبار أصغر من القيمة النظرية ، وبالتالي لا يوجد فروق ذات دلالة احصائية بين متوسطات الزمن المقدر للرحلات البحرية ومتوسط الزمن الفعلي لها. وجميع فروض البحث مقبولة عند مستوى دلالة 5%.

*تم حساب المؤشرات من قبل الباحثة.

النتائج

نخلص من هذا البحث إلى النتائج التالية :

1- صحة فروض البحث كافة،حيث تبين عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط الزمن المقدر (مؤسسة ،ضبابي،PERT)ومتوسط الزمن الفعلي للرحلات المدروسة.

2- تقديرات التخطيط الشبكي جيدة نظراً لأن قيمها أقرب إلى الزمن الفعلي للرحلات البحرية المدروسة من تقديرات الأسلوب المتبع في المؤسسة .

3- عندما يكون حجم الإصلاح والصيانة كبيراً فإن هذا النشاط يكون حرجاً ، ويكون عندئذ نشاط تجهيز السفينة غير حرج وذلك في مرفأ الوطن ، وعلى العكس فإن نشاط الصيانة والإصلاح يصبح غير حرج عند انخفاض حجم الإصلاح .

4- إن من أهم الأنشطة الحرجة التي يجب أن تعطى الاهتمام الأكبر وأن توفر لها الموارد المختلفة وكل الشروط المناسبة لإنجازها ضمن الزمن المحدد لها هي: التحميل والتستيف، التحزيم ،التفريغ وذلك بغض النظر عن المرفأ الذي تجري فيه هذه الأعمال ، ومن الجدير بالذكر أن هذه الأنشطة تنجز بزمن أقل في المرافئ الروسية من ذلك الزمن اللازم لإنجازها في المرافئ الأخرى .

إضافة إلى ما سبق يعد نشاط الإبحار من الأنشطة الحرجة الهامة ، حيث تتحكم بهذا النشاط عوامل عديدة منها:

- ❖ الظروف الجوية المختلفة: رياح ، ثلوج: عواصف ،أمطار ....الخ.
- ❖ سرعة السفينة.
- ❖ حجم السفينة و وزنها وتصميمها .
- ❖ الحمولة التي تزيد من وزن السفينة وتقلل من سرعتها.
- ❖ عمر السفينة.

5- لا يستند الأسلوب المتبع في المؤسسة العامة للنقل البحري لأجل تقدير زمن الرحلة البحرية إلى أسس علمية ، وإنما تحكمه الأهواء والميول الشخصية ، فهو يقوم على أساس أن :

- ❖ الرحلة البحرية مكونة من ثلاث مراحل ، يقدر زمن كل مرحلة على حده دون الأخذ بالحسبان أن التأخير في إنجاز مرحلة ما سيؤدي إلى تأخير المرحلة التالية.

❖ يعطي نفس الاهتمام والأولوية لجميع الأنشطة التي تتكون منها الرحلة البحرية.

❖ يعتمد في تقديره لزمن نشاط الإبحار على أن سرعة السفينة ثابتة وتساوي 10 عقـــدة في الساعة.

❖ يتجاهل عوامل نوعية عديدة تؤثر على إنجاز أنشطة الرحلـــة البحريـــة منـــها :خـــبرة عمالة،خبرة مشرفين ، ظروف جوية ، مشغولية الرصيف والميناء، درجة كفـــاءة الآلات المستخدمة وحداثتها ......الخ.

6-يمكننا اعتبار تحليل شبكة بيرت باستخدام تقديرات نظرية المجموعات الضبابية واحداً من طرائق ضغط شبكة بيرت التقليدية نظراً لأن نظرية المجموعات الضبابية تمكننا من تقليص زمن المشروع من خلال التأثير على العوامل النوعية المؤثرة على زمن الأنشـــطة الحرجـــة وخاصة تلك العوامل المتعلقة بالموارد ، وليس من خلال زيادة حجم الموارد أو الـــزمن المخصص للنشاط . ولا تقتصر فائدة هذه النظرية على تقليص الزمن بـــل تتعـــداها إلى إحداث وفر في الموارد وخاصة البشرية منها ، فتوجه انتباه الإدارة إلى ضرورة استقطاب يد عاملة أقل بخبرة عالية لتنفيذ النشاط بدلاً من الاعتماد على عمالة ذات حجـــم كـــبير وخبرة ضعيفة.

التوصيات

استناداً إلى ما وجدناه سابقاً فإننا نقترح ما يلي:

□على مستوى المؤسسة العامة للنقل البحري:

1- إتباع أسلوب التخطيط الشبكي في تقدير زمن الرحلات البحرية والأخذ بالحسبان كافة العوامل النوعية المؤثرة على إنجاز الأنشطة ،وإتباع تسلسل التنفيذ لأنشطة الرحلة البحرية كما هو معروض في البحث.

2- نقترح من أجل إنجاز نشاطي التجهيز والصيانة أن ينجز جزءاً من العمل في مرفأ الوطن وينجز الباقي في المرافئ الأخرى، وذلك بعد أن نفاضل بين الأسعار المحلية والخارجية ، مثلاً قد يتم التزويد ببعض المواد الطبية والأغذية .....الخ من المرافئ الأجنبية باستثناء الوقود والزيوت التي يتم الحصول عليها من شركات القطاع العام بأسعار منخفضة جداً عما هو الحال في المرافئ الأجنبية.

3- الاعتماد على عمالة ثابتة تكتسب الخبرة والمهارة مع مرور الزمن ، وخاصة في إنجاز أعمال التحميل والتفريغ ، حيث أن الوضع السائد هو استقطاب عمالة جديدة باستمرار لإنجاز هذه الأعمال بأجر يومي مقطوع مع بعض الحافز البسيط،عندئذ يزداد تواتر الحدوث لحالة خبرة العمالة المتوسطة ويقل لحالة خبرة العمالة الضعيفة بشكل تدريجي ، ومن ثم يزداد تواتر حدوث حالة خبرة عمالة عالية ويقل توتر حدوث الحالة المتوسطة والضعيفة بشكل تدريجي، مما يضعف التأثيرات السلبية لعامل الخبرة على زمن النشاط تدريجياً مع الزمن. أي تتحسن التقديرات لنظرية المجموعات الضبابية من رحلة إلى أخرى حتى تصبح أقرب ما يمكن للواقع ويتقلص زمن النشاط محدثاً انخفاضاً في زمن أداء الرحلة البحرية.

4- دفع أجور عمال التحميل والتستيف والتفريغ على أساس كمية الإنتاج.

5- ضرورة توفر كادر إحصائي مدرب ومؤهل يقوم بجمع البيانات المختلفة عن أنشطة الرحلة البحرية كافة.

6- امتلاك سفن حديثة ذات مواصفات عالمية تمكنها من دخول المرافئ الأخرى التي لا تسمح مواصفات السفن الحالية من دخول هذه المرافئ المتميزة بأسلوب العمل المتطور وتوفر الآلات الحديثة والعمالة المؤهلة .....الخ. مما يخفض زمن نشاط التحميل والتفريغ في المرافئ

الأجنبية. ومن ناحية أخرى تستطيع المؤسسة من تصدير الإنتاج المحلي ومنافسة الشركات الأجنبية. كما تتمكن من استخدام طرق متميزة بسلامتها وقصرها وانخفاض تكلفتها .

7- إتباع نموذج الشبكة الضبابية في تقدير زمن الرحلة البحرية نظراً لتميزه عن الطرائق الأخرى وكثرة المؤشرات الناتجة عنه، وإجراء أبحاث وحلقات عمل حول هذه الطريقة لتوضيحها وتوسيع استخدمها في المؤسسات العلمية لافتقار المكتبة العربية للأدبيات الخاصة بها.

8- إلزام مراقبي عملية تنفيذ الخطة بجمع البيانات الوصفية والرقمية بهدف خلق نظام معلومات يعتمد عليه في وضع الخطط المستقبلية.

9- تقدير أجور النقل البحري (النولون)بالنسبة للمواد التي يتطلب نقلها ترك فراغات في العنابر (البرتقال مثلاً)على أساس المساحة التي تشغلها في العنابر وليس على أساس الكمية ،كما يمكن تقدير النولون لهذا النوع من الحمولات وكأننا ننقل كمية تعادل ضعف الكمية المنقولة.

- **على مستوى قطاع النقل :**

1-إحداث دائرة بحث علمي في المؤسسات العامة مهمتها القيام بالأعمال التالية:

1- دراسة المشكلات التي تعترض سير عمل المؤسسة .

2- القيام بالبحوث العلمية والتطبيقية وحلقات العمل الخاصة بمجال عمل الشركة واستخلاص النتائج ووضع التوصيات التي تؤدي إلى تطوير أسلوب العمل .

3- التعرف على الأساليب الحديثة والمتطورة المستخدمة في الدول المتقدمة لتطبيقها في إنجاز أعمال المؤسسة ، وذلك بعد توفير مقومات تطبيقها.

2-تحديث مرفأي طرطوس واللاذقية ، وهذا ما قامت به الوزارة مؤخراً ، حيث وضعت دراسة لمشروع تجديد هذين المرفأين ، مما يساعد على توفير الرصيف اللازم لإرساء السفن وإجراء أعمال التحميل والتستيف والتفريغ بسرعة.

الخاتمة

إن إدارة الوقت من أهم الموضوعات التي يتناولها علم الإدارة اليوم ، نظراً لأهمية مورد الزمن وضرورة استغلاله استغلالاً امثلاً في كافة الميادين وخاصة في إدارة أزمنة المشروعات على اختلاف أنواعها ، ويجب من أجل إدارة فعالة للوقت إتباع نماذج شبكات الأعمال التي تمكن إدارة أي مشروع من القيام بوظائفها على أكمل وجه ، كالتخطيط والرقابة لزمن المشروع ، بالإضافة إلى ما توفره من بدائل لمتخذ القرار ، فيستطيع اختيار أفضل البدائل المناسبة لإمكانيات مشروعه وحاجاته . ولا ننسى تخفيض التكاليف الذي يعد هدفاً استراتيجياً لإدارة أي مشروع تسعى إلى تحقيقه دائماً ، حيث يمكنها إدراك هذا الهدف من خلال استخدام التخطيط الشبكي في إدارة المشروعات .

إن التخطيط الشبكي وسيلة فعالة في تقويم المشروعات على اختلاف أنواعها سواء كانت مشروعات قائمة أو جديدة ، يجب توفير مقومات تطبيقه في كافة المشروعات وإزالة العقبات والصعوبات التي تعترض تطبيقه ، وخاصة نماذجه الحديثة ، أي يجب القيام بدورات تدريبية لمخططي المشروعات على نماذج شبكات الأعمال بنوعيها والتعاون والتنسيق بين مراكز البحوث والمؤسسات العلمية وإدارات المشروعات الخدمية والإنتاجية .

الملاحق

الملحق A

1- التسميات للنظام الموجه للأحداث :

طريقة المخطط السهمي /Arrow Diagram Method / ADM

طريقة I-J — I - J Method

طريقة حدث – نشاط — Event - Activity Method

نظام موجه للأحداث Event Oriented System

نشاط على السهم Activity On Arrow

2- التسميات للنظام الموجه للأنشطة :

طريقة المخطط التتابعي / Precedence Diagram Method / PDM

طريقة الإمكانية/ Method Of Potential / MOP

شبكة البطاقة Card Networking

طريقة مخطط الرابطة والدائرة Circle and Link Diagram Method

شبكة تتابعية Precedence Networking

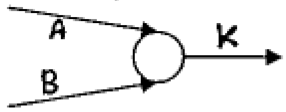
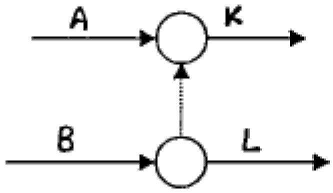
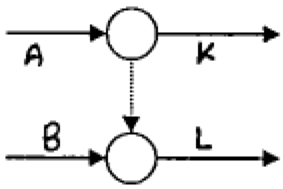
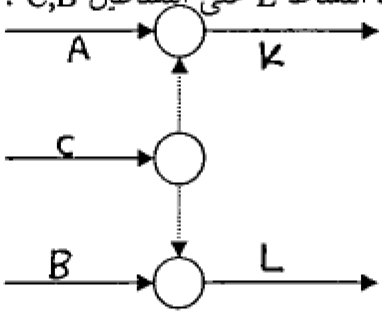
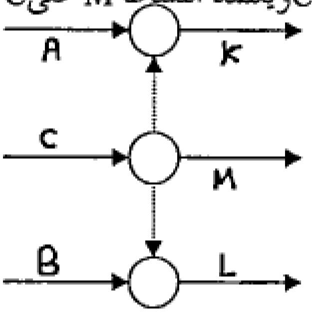
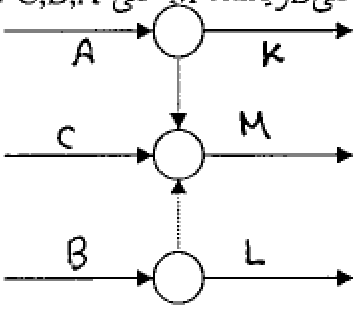
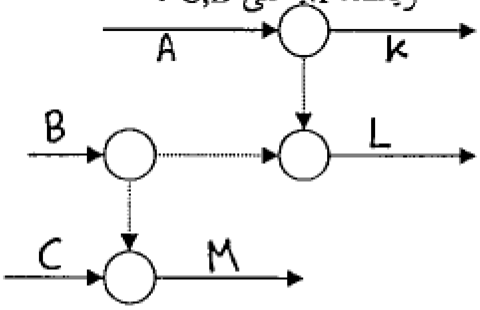
طريقة للتخطيط الشبكي يتم فيها تمثيل كل نشاط بمستطيل، وترتبط الأنشطة بخطوط توضح العلاقات بينها .

نظام موجه للأنشطة Activity Oriented System

نشاط على العقدة . Activity On Node

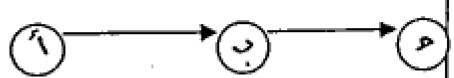
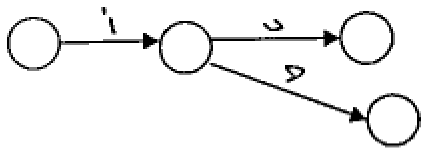
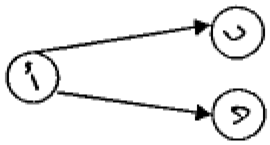
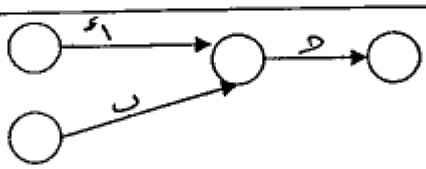
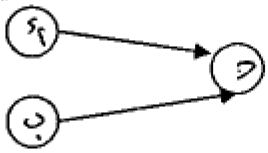
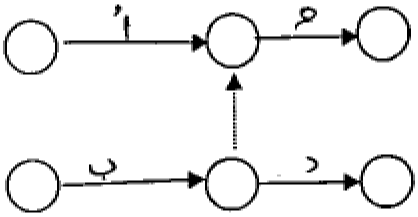
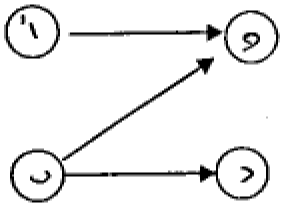
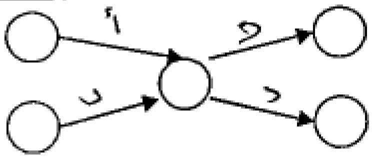
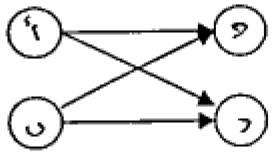
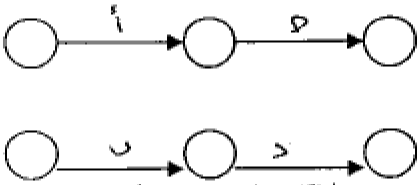
الملحق B

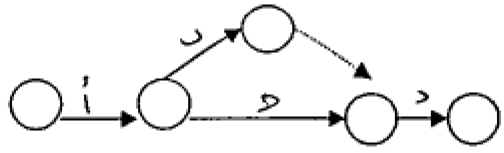
استخدام الأنشطة الوهمية في توضيح العلاقات المنطقية بين الأنشطة

العلاقة المنطقية بين الأنشطة	التمثيل البياني للعلاقة المنطقية
1- يعتمد النشاط k على النشاطين B,A. 	2-يعتمد النشاطان L,K على النشاطين B,A. 
3- يعتمد النشاط K على النشاطين B,A ويعتمد النشاط L على B فقط . 	4- يعتمد النشاط K على النشاط A ولكن النشاط L يعتمد على كل من B,A . 
5- يعتمد النشاط K على النشاطين C,A ويعتمد النشاط L على النشاطين C,B . 	6- يعتمد النشاط K على C,A ويعتمد L على C,B ويعتمد النشاط M على C فقط. 
7- يعتمد النشاط K على النشاط A فقط و يعتمد L على B ويعتمد M على C,B,A . 	8-يعتمد K على A ويعتمد L على B,A ويعتمد M على C,B . 

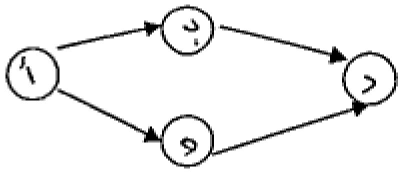
الملحق K

مقارنة بين طريقة رسم الشبكة في AOA,AON

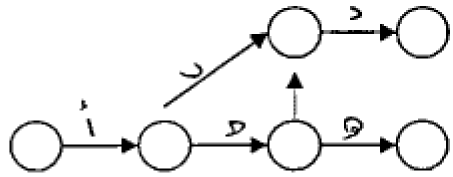
النظام الموجه للأحداث AOA	النظام الموجه للأنشطة AON
 علاقة خطية	 علاقة خطية
 علاقة خطية – مثلثية – يمينية حيث يمثل رأس المثلث نقطة تقاطع بداية سلسلتين	 علاقة مثلثية – يمينية
 علاقة خطية – مثلثية – يسارية حيث يمثل رأس المثلث نقطة تقاطع نهاية سلسلتين	 علاقة مثلثية – يسارية رأس المثلث من اليمين.
 علاقة توازي متصل بالوسط أو علاقة مستطيلة مكونة من مستطيلين لهما ضلع مشترك (عرض) يمثله نشاط وهمي	 علاقة مستطيلة بقطر ثانوي
 علاقة مثلثين مشتركين بالرأس.	 علاقة مستطيلة بقطرين
 علاقة توازي منفصل	 علاقة توازي منفصل



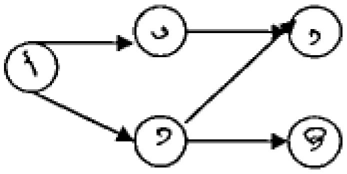
خطية – مثلثية – خطية



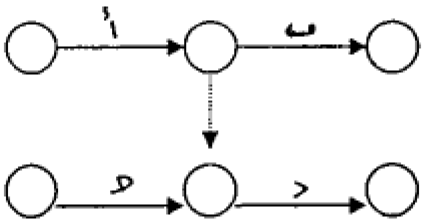
علاقة معينية



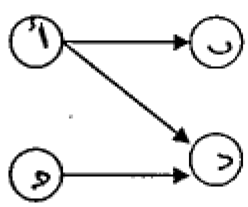
علاقة خطية – مثلثية – متوازية



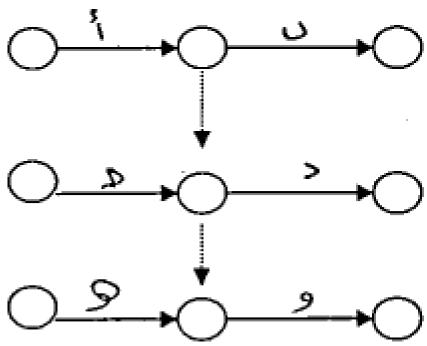
مثلثية – مستطيلة بقطر ثانوي



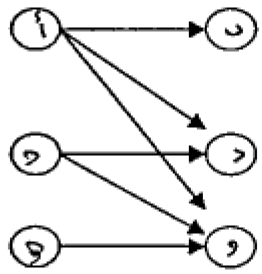
علاقة توازي متصل



علاقة مستطيلة بقطر رئيسي



توازي متصل ولثلاثة خطوط.



مستطيلان متوازيان بقطر رئيسي مشتركان

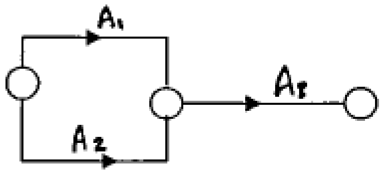
بالطول الذي يقطعه القطر الرئيسي

للمستطيل المكون بضلعيهما الخارجيين

الملحق $C^{(1)}$

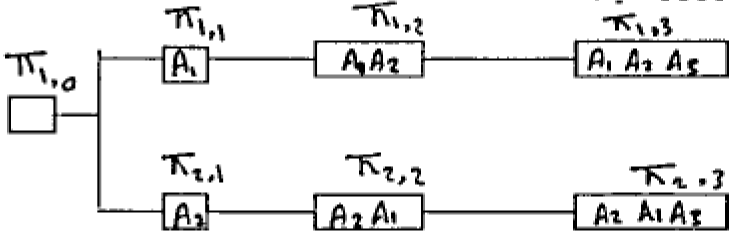
إعداد مخطط (PPN)

نفرض أنه لدينا شبكة PERT (PN) ذات الأنشطة الثلاثة A_3,A_2,A_1 الموضحة في الشكل التالي :



(PN)

لإعداد مخطط (PPN) نقوم بإعداد FPPN الذي يفترض بأن جميع أزمنة الأنشطة متغيرات عشوائية معرّفة على مجالات غير محدودة من الأعلى. نعتمد على العلاقات المنطقية بين الأنشطة الثلاثة السابقة ، فنحصل على FPPN التالية:



(FPPN)

تتضمن الشبكة السابقة حالتي مسار تامتين هما π_{23}, $\pi_{1,3}$ أما باقي الحالات فهي حالات جزئية .

لإعداد مخطط RPPN حيث أزمنة الأنشطة معرّفة على مجالات محدودة أي هناك قيود زمنية يجب أخذها بعين الاعتبار نفرض أن مجالات تعريف أزمنة الأنشطة الثلاثة هي على التوالي:

$[a_3,b_3],[a_2,b_2],[a_1,b_1]$ إذا كان $a_2 \rangle b_1$ فلا يمكن الانتهاء من انجاز A_2 قبل A_1 لذلك لا يمكن الانتقال من الحالة $\pi_{2,1}$ إلى الحالة $\pi_{2,2}$ وبالتالي إلى الحالة $\pi_{2,3}$ لذلك تستبعد هذه الحالات ولايمكن أن يتبع انجاز المشروع تسلسل الإنجاز A_2,A_1,A_3 وتصبح RPPN عبارة عن المسار الأول فقط في FPPN أما إذا كان لدينا الشروط التالية مثلاً :

$$a_1 \rangle a_2 \langle b_1 \langle b_2$$
$$a_2 \langle a_1 \langle b_2 \langle b_1$$
$$a_1 = a_2 \qquad OR \,|\, And \qquad b_1 = b_2$$
$$a_1 = a_2 \qquad OR \qquad b_1 = b_2$$

يمكن في ظل هذه الشروط اتباع كلتا حالتي المسار التامتين π_{23}, $\pi_{1,3}$ أي يسمح بجميع الانتقالات الممكنة في شبكة PPN وتكون عندئذ RPPN=FPPN

---

[1]Mummolo , Giovanni (1994)" PERT Path Network Technique: A New Approach To Project Planning,p97, مرجع سابق .

الملحق D

يوضح هذا الملحق استخراج المعادلات التالية في المبحث الثاني من الفصل الثاني[1] :

1- المعادلة ذات الرقم (2-57):

تابع الاحتمال لمتغير عشوائي مستمر عبارة عن التكامل للتوزيع الاحتمالي الذي يخضع لـه هـذا المـتغير العشـوائي ، حيـث يعطينـا هـذا التـابع احتمـال أن يأخـذ المـتغير قيمـة مـا أي أن: $P.dt = prob[T(s) \in (t, t+dt)]$

حيث أن : P : التوزيع الاحتمالي لـT زمن تنفيذ المشروع. تعطينا العلاقة السابقة احتمـال أن يكون زمن تنفيذ المشروع المحدد بالتطورS واقعاً في المجال (t,t+dt).

إن الاحتمال السابق ليس إلا مجموع الاحتمالات الشرطية التي تعطينا احتمال أن يكـون زمـن المشروع محدداً بالتطور S شرط أن يسلك المشروع في تنفيذه التطورات الاجمالية الممكنـة بالمسـار π_i والمحـــــــــددة بالمجموعـــــــــة الجزئيـــــــــة Π_i ، أي أن :

$$P.dt = \sum_{i=1}^{n_N} prob\left[T(s) \in (t, t+dt) / \Pi_i\right] prob(\Pi_i)$$

$T_i(s) = T(s)$ وذلك لأجل جميع $s \in \Pi_i \Leftarrow$

$$P.dt = \sum_{i=1}^{n_N} prob\left[T_i(s) \in (t, t+dt)\right] prob(\Pi_i)$$

وبما أن Π_i حدث انجاز المشروع عندما يتبع المسار π_i. $\Leftarrow$

$$P.dt = \sum_{i=1}^{n_\pi} f_i dt\, p_i \quad \rightarrow \quad P = \sum_{i=1}^{n_\pi} f_i p_i$$

أي أن التوزيع الاحتمالي لزمن تنفيذ المشروع عبارة عن مجموع التوزيعات الاحتمالية لمسـارات شبكة مسارPERT مرجحة باحتمالات هذه المسارات.

2-المعادلة رقم (2-58):

من تعريف التوقع الرياضي لمتغير عشوائي مستمر نجد أن : $E[T] = \int P.t dt$

---

[1] Pontrandolfo,P.(2000):"Project Duration In Stochastic Network By PERT –Path Technique,International Journal Of Project Management.,Vol.18,p221-222.

نعوض العلاقة رقم (2-57)بالعلاقة السابقة فنجد : $E[T]=\int\left(\sum_{i=1}^{n_N} f_i p_i\right)t dt$ بالإصلاح نجد:

$E[T]=\int\left(\sum_{i=1}^{n_N} f_i p_i . t\right)dt$ ، بإخراج إشارة المجموع والثوابت p_i خارج إشارة التكامل نجـــد:

$$E[T]=\sum_{i=1}^{n_N} p_i \int f_i . t dt$$

التكامل ليس إلا عبارة عن التوقع الرياضي للمسار ذو الترتيب i ⇐

$$E[T]=\sum_{i=1}^{n_N} p_i E[T_i]$$

3–المعادلة رقم (2-59):

نعلم أن التباين لمتغير عشوائي عبارة عن الفرق بين العزم الابتدائي من المرتبة الثانية ومربع التوقــع الرياضي أي أن : $V[T]=E[T^2]-(E[T])^2$

والعزم الابتدائي من المرتبة الثانية يعرف كمايلي : $E[T^2]=\int P.t^2 dt$ ⇐

$$V[T]=\int Pt^2 dt-(E[T])^2$$

بتعويض المعادلة رقم (2-57)نجد أن : $V[T]=\int\left(\sum_{i=1}^{n_N} f_i p_i\right)t^2 dt-(E[T])^2$

بالإصلاح نجد :

$$V[T]=\int\left(\sum_{i=1}^{n_N} f_i p_i t^2\right)dt-(E[T])^2$$

بإخراج إشارة المجموع نجد:

$$V[T]=\sum_{i=1}^{n_N} \int f_i p_i t^2 dt-(E[T])^2$$

بإضافة وطرح مربع التوقع الرياضي للمسار π_i نجد أن :

$$V[T]=\sum_{i=1}^{n_N} p_i\left(\int f_i p_i t^2 dt-(E[T_i])^2+(E[T_i])^2\right)-(E[T])^2$$

نعلم أن : $E[T_i^2]=\int f_i t^2 dt$ العزم الإبتدائي الثاني لزمن المسار π_i أي :

$$V[T]=\sum_{i=1}^{n_N} p_i\left(E[T_i^2]-(E[T_i])^2\right)+\sum_{i=1}^{n_N} p_i(E[T_i])^2-(E[T])^2$$

وبما أن : $V[T]=E[T_i^2]-(E[T_i])^2$ ⇐

$$V[T]=\sum_{i=1}^{n_N} p_i V[T_i]+\sum_{i=1}^{n_N} p_i (E[T_i])^2-(E[T])^2$$

4-معادلة رقم (2-60):

نعلم أن التباين لأي متغير عشوائي يعرف على أنه :

$$V[T]=E[T-E[T]]^2$$

أي أن: $V[T]=\int P[t-E[T]]^2\,dt$ وبتعويض P بقيمتها المحددة بالعلاقة رقم(2-57) نجد:

$V[T]=\int\left(\sum_{i=1}^{n_N} f_i p_i\right).[t-E[T]]^2\,dt$ بالإصلاح نجد:

$$V[T]=\sum_{i=1}^{n_N} p_i \int f_i.[t-E[T]]^2\,dt$$

بإضافة وطرح التوقع الرياضي للمسار π_i $E[T_i]$ نجد أن :

$$V[T]=\sum_{i=1}^{n_N} p_i \int f_i.[t-E[T_i]+E[T_i]-E[T]]^2\,dt$$

بفك المتطابقة التربيعية نجد أن:

$$V[T]=\sum_{i=1}^{n_N} p_i \int f_i.\left[(t-E[T_i])^2+(E[T_i]-E[T])^2-2(t-E[T_i]).(E[T_i]-E[T])\right]dt$$

بتجزئة الحدود نجد أن:

$$V[T]=\sum_{i=1}^{n_N} p_i\left[\int f_i(t-E[T_i])^2\,dt+\int f_i(E[T_i]-E[T])^2\,dt+\int 2f_i(t-E[T_i]).(E[T_i]-E[T])dt\right]$$

التكامل الأول هو عبارة عن $V[T_i]$ ، والمقدار $(E[T_i]-E[T])$ هو مقدار ثابت يتم وضعه خارج إشارة التكامل فنجد أن:

$$V[T]=\sum_{i=1}^{n_N} p_i\left[V[T_i]+(E[T_i]-E[T])^2\int f_i\,dt+2(E[T_i]-E[T])\int f_i(t-E[T_i]).dt\right]$$

نعلم أن : $\int f_i\,dt=1$ و $\int f_i(t-E[T_i])dt=E[T_i-E[T_i]]$

بالتعويض نجد أن:

$$V[T]=\sum_{i=1}^{n_N} p_i\left[V[T_i]+(E[T_i]-E[T])^2+2(E[T_i]-E[T]).E[T_i-E[T_i]]\right]$$

وبما أن $E[T_i-E[T_i]]=0 \Leftarrow$ $V[T]=\sum_{i=1}^{n_N} p_i\left[V[T_i]+(E[T_i]-E[T])^2\right]$

الملحق F

أنشطة الرحلة البحرية رقم 185وعلاقات الأسبقية بينها :

تهدف الرحلة البحرية رقم 185 إلى نقل 2000طن برتقال من مرسين (تركيا) إلى أوديسا (روسيا) والذهاب إلى كوستانزا (رومانيا) لنقل 2034 طن مواسير حديد + خشب إلى اللاذقية ، ويتطلب تحقيق هذا الهدف القيام بالأنشطة الآتية :

جدول (1) أنشطة الرحلة رقم 185وعلاقات الأسبقية بينها والأزمنة المقدرة لها. الوحدة : ساعة

الأنشطة	أنشطة سابقة	أنشطة لاحقة	a	b	m
1-القيام بأعمال الصيانة والإصلاح	-	3	24	96	48
2- تجهيز السفينة بالمؤن والوقود والزيوت والمواد	-	3	12	48	24
3- الكشف على السفينة	1,2	4	2	7	5
4-اصدار امر الإبحار إلى مرسين	3	5,6	1	2	1.5
5-الابحار من اللاذقية إلى مرسين .	4	7	10	12	11
6- صدور أمر الشحن للبضاعة في مرفأ مرسين	4	7	3	5	4
7- ترتيب عمليات دخول السفينة إلى مرفأ مرسين	5,6	8	2	24	12
8- دخول السفينة إلى الرصيف المخصص لها	7	9,10,11,12	1	2	1.5
9- تفتيش السفينة	8	17	1	2	1.5
10- قبول الربان لأوامر الشحن ومعاينة البضاعة	8	13	2	12	8
11- القيام بأعمال الصيانة والاصلاح	8	16	1	24	12
12- تجهيز السفينة	8	16	0.5	1.5	1
13- تحميل وتستيف	10	14	24	72	48
14- تحزيم البضاعة	13	15	2	6	4
15- اصدار بوالص الشحن	14	16	2	5	3
16- الكشف على السفينة	12,11,15	17	2	7	5
17- صدور أمر الابحار إلى أوديسا	9,16	18	1	2	1.5

تابع جدول (1)

18- الابحار من مرسين إلى أوديسا	17	19	110	140	125
19-ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ أوديسا	18	20	2	12	5
20- ترصيف السفينة	19	21,22	0.5	1.5	1
21- تفتيش السفينة	20	23	0.5	1.5	1
22- معاينة البضاعة	20	23	1	5	3
23- تفريغ البضاعة	21,22	24	24	36	30
24- ترصيف السفينة في رصيف الاصلاح	23	25,26,27	1	3	2
25- القيام بأعمال الصيانة والاصلاح	24	28	1	24	12
26- تجهيز السفينة	24	28	0.5	2	1
27- تنظيف العنابر	24	28	2	10	6
28- الكشف على السفينة	25,26,27	29	2	5	3
29- صدور أمر الابحار إلى كوستانزا	28	30,31	0.5	1.5	1
30- الابحار من أوديسا إلى كوستانزا	29	32	30	50	40
31- صدور أوامر الشحن في مرفأ كوستانزا	29	32	1	5	3
32- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ كوستانزا	30,31	33	2	24	13
33- ترصيفها	32	34,35,36,37	1	2	1.5
34- تفتيش السفينة	33	42	0.5	2	1.5
35- اجراء أعمال الصيانة والاصلاح	33	41	2	48	24
36- معاينة البضاعة من قبل الربان	33	38	2	48	24
37- تجهيز السفينة	33	41	0.5	1.5	1
38- تحميل وتستيف	36	39	108	168	120
39- تحزيم البضاعة	38	40	2	7	5
40- اصدار بوالص الشحن	39	41	2	4	3
41- الكشف على السفينة	40,35,37	42	4	7	5
42- صدور أمر الابحار إلى اللاذقية	34,41	43	1	2	1.5

تابع جدول (1)

43- الابحار من كوستانزا إلى اللاذقية	42	44	85	115	100
44- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ اللاذقية	43	45	2	24	12
45- ترصيف السفينة	44	46,47	1	3	2
46- تفتيش السفينة	45	48	0.5	2	1
47- معاينة البضاعة	45	48	4	48	24
48- تفريغ البضاعة	46,47	49	72	144	96
49- تنظيف العنابر والسطح	48	-	12	36	24

المصدر: تم تحديد بنية تقسيم العمل وتقدير المؤشرات باسلوب المقابلة.

- **أنشطة الرحلة البحرية رقم 186:**

تهدف هذه الرحلة إلى نقل 3009طن صودا من مرسين إلى طرطوس وأنشطتها موضحة في الجدول التالي:

جدول (2) أنشطة الرحلة رقم 186وعلاقات الأسبقية بينها وأزمنتها المقدرة.

الأنشطة	أنشطة سابقة	أنشطة لاحقة	a	b	m
1- القيام بأعمال الصيانة والإصلاح	-	3	4	12	8
2- تجهيز السفينة بالمؤن والوقود والزيوت والمواد	-	3	8	24	12
3- الكشف على السفينة	1,2	4	1	3	2
4- اصدار امر الإبحار إلى مرسين	3	5,6	1	2	1.5
5- الابحار من اللاذقية إلى مرسين	4	7	8	10	9
6- صدور أمر الشحن للبضاعة في مرفأ مرسين	4	7	2	4	3
7- ترتيب عمليات دخول السفينة إلى مرفأ مرسين	5,6	8	2	6	4
8- دخول السفينة إلى الرصيف المخصص لها	7	9,10,11,12	1	2	1.5
9- تفتيش السفينة	8	17	0.5	1.5	1
10-القيام بأعمال الصيانة والاصلاح	8	16	2	6	4
11-قبول الربان لأوامر الشحن ومعاينة البضاعة	8	13	2	12	8
12-تجهيز السفينة	8	16	0.5	1.5	1
13-تحميل وتستيف	11	14	36	60	48
14-تحزيم البضاعة	13	15	2	5	3
15-اصدار بوالص الشحن	14	16	1	3	2
16-الكشف على السفينة	12,10,15	17	1	4	3

تابع جدول (2)

17-صدور أمر الابحار إلى طرطوس	9,16	18	1	2	1.5
18-الابحار من مرسين إلى طرطوس	17	19	9	11	10
19-ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ طرطوس	18	20	2	12	4
20-ترصيف السفينة	19	21,22	1	3	2
21-تفتيش السفينة	20	23	0.5	2	1
22-معاينة البضاعة	20	23	2	24	12
23-تفريغ البضاعة	21,22	24	36	60	48
24-تنظيف العنابر والسطح	23	-	2	12	8

المصدر : تم تحديد الأنشطة والتقديرات الزمنية باسلوب المقابلة.

▪ **أنشطة الرحلة رقم 187:**

يوضح الجدول (3) أنشطة الرحلتين البحريتين رقم 188,187الهادفتين إلى نقل 2006 طن صودا من مرسين إلى طرطوس:

جدول (3) أنشطة الرحلتان البحريتان رقم 188,187وعلاقات الأسبقية بينها وأزمنتها المقدرة.

الأنشطة	أنشطة سابقة	أنشطة لاحقة	a	b	m
1-القيام بأعمال الصيانة والإصلاح	-	3	4	12	8
2- تجهيز السفينة بالمؤن والوقود والزيوت والمواد	-	3	8	24	12
3- الكشف على السفينة	1,2	4	1	3	2
4-اصدار امر الإبحار إلى مرسين	3	5,6	1	2	1.5
5-الابحار من طرطوس إلى مرسين	4	7	9	11	10
6- صدور أمر الشحن للبضاعة في مرفأ مرسين	4	7	2	4	3
7- ترتيب عمليات دخول السفينة إلى مرفأ مرسين	5,6	8	2	6	4
8- دخول السفينة إلى الرصيف المخصص لها	7	9,10,11,12	1	2	1.5
9- تفتيش السفينة	8	17	0.5	1.5	1
10- القيام بأعمال الصيانة والاصلاح	8	16	2	6	4
11-قبول الربان لأوامر الشحن ومعاينة البضاعة	8	13	2	12	8
12- تجهيز السفينة	8	16	0.5	1.5	1

تابع جدول (3)

36	48	24	14	11	13- تحميل وتستيف
2.5	4	1.5	15	13	14- تحزيم البضاعة
2	3	1	16	14	15- اصدار بوالص الشحن
3	4	1	17	12,10,15	16- الكشف على السفينة
1.5	2	1	18	9,16	17- صدور أمر الابحار إلى طرطوس
10	11	9	19	17	18- الابحار من مرسين إلى طرطوس
4	12	2	20	18	19- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ طرطوس
2	3	1	21,22	19	20- ترصيف السفينة
1	2	0.5	23	20	21- تفتيش السفينة
12	24	2	23	20	22- معاينة البضاعة
36	48	24	24	21,22	23-تفريغ البضاعة
6	10	2	-	23	24- تنظيف العنابر والسطح

المصدر : تم استخدام اسلوب المقابلة للحصول على بيانات الجدول.

- **أنشطة الرحلة البحرية رقم 189:**

تهدف هذه الرحلة إلى نقل 2000طن برتقال من اسكندرون إلى روسيا و3500 طن مواد مختلفة (حديد،خشب ، cnz)،وذلك من خلال القيام بالأنشطة الموضحة في الجدول التالي:

جدول (4) أنشطة الرحلة رقم 189وعلاقات الأسبقية بينها وأزمنتها المقدرة

m	b	a	أنشطة لاحقة	أنشطة سابقة	الأنشطة
48	72	24	3	-	1- القيام بأعمال الصيانة والإصلاح
24	48	12	3	-	2- تجهيز السفينة بالمؤن والوقود والزيوت والمواد
5	7	2	4	1,2	3- الكشف على السفينة
1.5	2	1	5,6	3	4- اصدار امر الإبحار إلى اسكندرون
9.5	12	8	7	4	5- الابحار من طرطوس إلى اسكندرون
4	5	3	7	4	6- صدور أمر الشحن للبضاعة في مرفأ اسكندرون
12	24	2	8	5,6	7- ترتيب عمليات دخول السفينة إلى مرفأ اسكندرون

تابع جدول (4)

1.5	2	1	9,10,11,12	7	8- دخول السفينة إلى الرصيف المخصص لها
1.5	2	1	17	8	9- تفتيش السفينة
12	24	1	16	8	10-القيام بأعمال الصيانة والاصلاح
8	12	2	13	8	11-قبول الربان لأوامر الشحن ومعاينة البضاعة
1	1.5	0.5	16	8	12-تجهيز السفينة
96	120	72	14	11	13-تحميل وتستيف
5	7	3	15	13	14-تحزيم البضاعة
3	5	2	16	14	15-اصدار بوالص الشحن
5	7	2	17	12,10,15	16-الكشف على السفينة
1.5	2	1	18	9,16	17-صدور أمر الابحار إلى اليتسرمك
120	125	115	19	17	18-الابحار من اسكندرون إلى اليتسرمك
5	12	2	20	18	19-ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ اليتسرمك
1	1.5	0.5	21,22	19	20-ترصيف السفينة
1	1.5	0.5	23	20	21-تفتيش السفينة
5	7	3	23	20	22-معاينة البضاعة
72	84	60	24	21,22	23-تفريغ البضاعة
2	3	1	25,26,27	23	24-ترصيف السفينة في رصيف الاصلاح
12	24	1	28	24	25-القيام بأعمال الصيانة والاصلاح
1	2	0.5	28	24	26-تجهيز السفينة
6	10	2	28	24	27-تنظيف العنابر
3	5	2	29	25,26,27	28-الكشف على السفينة
1	1.5	0.5	30,31	28	29-صدور أمر الابحار إلى كوستانزا
30	35	28	32	29	30-الابحار من اليتسرمك إلى كوستانزا
3	5	1	32	29	31-صدور أوامر الشحن في مرفأ كوستانزا
13	24	2	33	30,31	32-ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ كوستانزا
1.5	2	1	34,35,36,37	32	33-ترصيفها
1.5	2	0.5	42	33	34-تفتيش السفينة
24	48	2	41	33	35-اجراء أعمال الصيانة والاصلاح
24	48	2	38	33	36-معاينة البضاعة من قبل الربان
1	1.5	0.5	41	33	37-تجهيز السفينة
144	192	120	39	36	38-تحميل وتستيف
6	9	3	40	38	39-تحزيم البضاعة
3	4	2	41	39	40-اصدار بوالص الشحن
5	7	4	42	40,35,37	41-الكشف على السفينة
1.5	2	1	43	34,41	42-صدور أمر الابحار إلى طرطوس
86	95	80	44	42	43-الابحار من كوستانزا إلى طرطوس
12	24	2	45	43	44-ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ طرطوس
2	3	1	46,47	44	45-ترصيف السفينة

تابع جدول (4)

46-تفتيش السفينة	45	48	0.5	2	1
47-معاينة البضاعة	45	48	2	48	24
48-تفريغ البضاعة	46,47	49	108	168	132
49-تنظيف العنابر والسطح	48	-	10	24	12

المصدر : تم جمع هذه البيانات باسلوب المقابلة.

▪ **أنشطة الرحلة البحرية رقم 190:**

تهدف هذه الرحلة إلى نقل 2400طن برتقال من مرسين إلى روسيا و3600طن خشب وحديد و cnz* من روسيا إلى اللاذقية، وذلك من خلال انجاز الأنشطة التالية الموضحة في الجدول التالي:

جدول (5) أنشطة الرحلة رقم 190وعلاقات الأسبقية بينها والأزمنة المقدرة لها. **الوحدة : ساعة**

الأنشطة	أنشطة سابقة	أنشطة لاحقة	a	b	m
1- القيام بأعمال الصيانة والإصلاح	-	3	24	72	48
2- تجهيز السفينة بالمون والوقود والزيوت والمواد	-	3	12	48	24
3- الكشف على السفينة	1,2	4	2	7	5
4- اصدار امر الإبحار إلى مرسين	3	5,6	1	2	1.5
5- الابحار من طرطوس إلى مرسين	4	7	8	12	10
6- صدور أمر الشحن للبضاعة في مرفأ مرسين	4	7	3	5	4
7- ترتيب عمليات دخول السفينة إلى مرفأ مرسين	5,6	8	2	24	12
8- دخول السفينة إلى الرصيف المخصص لها	7	9,10,11,12	1	2	1.5
9- تفتيش السفينة	8	17	1	2	1.5
10- قبول الربان لأوامر الشحن ومعاينة البضاعة	8	13	2	12	8
11- القيام بأعمال الصيانة والاصلاح	8	16	1	24	12
12- تجهيز السفينة	8	16	0.5	1.5	1
13- تحميل وتستيف	10	14	96	144	120
14- تحزيم البضاعة	13	15	4	8	6
15- اصدار بوالص الشحن	14	16	2	5	3
16- الكشف على السفينة	12,11,15	17	2	7	5
17- صدور أمر الابحار إلى أوديسا	9,16	18	1	2	1.5

* نوع من أنواع الخشب .

تابع جدول (5)

18- الابحار من مرسين إلى أوديسا	17	19	92	120	110
19- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ أوديسا	18	20	2	12	5
20- ترصيف السفينة	19	21,22	0.5	1.5	1
21- تفتيش السفينة	20	23	0.5	1.5	1
22- معاينة البضاعة	20	23	3	7	5
23- تفريغ البضاعة	21,22	24	60	96	72
24- ترصيف السفينة في وصيف الاصلاح	23	25,26,27	1	3	2
25- القيام بأعمال الصيانة والاصلاح	24	28	1	24	12
26- تجهيز السفينة	24	28	0.5	2	1
27- تنظيف العنابر	24	28	2	10	6
28- الكشف على السفينة	25,26,27	29	2	5	3
29- صدور أمر الابحار إلى كوستانزا	28	30,31	0.5	1.5	1
30- الابحار من أوديسا إلى كوستانزا	29	32	24	36	30
31- صدور أوامر الشحن في مرفأ كوستانزا	29	32	1	5	3
32- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ كوستانزا	30,31	33	2	24	13
33- ترصيفها	32	34,35,36,37	1	2	1.5
34- تفتيش السفينة	33	42	0.5	2	1.5
35- اجراء أعمال الصيانة والاصلاح	33	41	2	48	24
36- معاينة البضاعة من قبل الربان	33	38	3	72	36
37- تجهيز السفينة	33	41	0.5	1.5	1
38- تحميل وتستيف	36	39	120	180	132
39- تحزيم البضاعة	38	40	3	9	6
40- اصدار بوالص الشحن	39	41	2	4	3
41- لكشف على السفينة	40,35,37	42	4	7	5
42- صدور أمر الابحار إلى طرطوس	34,41	43	1	2	1.5
43- الابحار من كومستانزا إلى طرطوس	42	44	80	92	86
44- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ طرطوس	43	45	2	24	12
45- ترصيف السفينة	44	46,47	1	3	2
46- تفتيش السفينة	45	48	0.5	2	1
47- معاينة البضاعة	45	48	4	48	24
48- تفريغ البضاعة	46,47	49	96	156	120
49- تنظيف العنابر والسطح	48	-	10	24	12

المصدر : تم تحديد بنية تقسيم العمل وتقدير المؤشرات باسلوب المقابلة.

▪ أنشطة الرحلة البحرية رقم 191:

تهدف هذه الرحلة إلى نقل 3234طن مواسير حديد +خشب +cnz وذلك من خلال الأنشطة الموضحة في الجدول التالي:

جدول (6) أنشطة الرحلة رقم 191 والأزمنة المقدرة لها وعلاقات الأسبقية بينها.

رقم الرحلة	أنشطة سابقة	أنشطة لاحقة	a	b	m
1- القيام بأعمال الصيانة والإصلاح	-	3	4	12	8
2- تجهيز السفينة بالمون والوقود والزيوت والمواد	-	3	8	24	12
3- الكشف على السفينة	1,2	4	4	7	5
4- اصدار أمر الإبحار إلى كوستانزا	3	5,6	1	2	1.5
5- الإبحار من طرطوس إلى كوستانزا	4	7	80	95	86
6- اصدار أمر الشحن في مرفأ كوستانزا	4	7	1	5	3
7- ترتيب عمليات دخول السفينة إلى مرفأ كوستانزا	5,6	8	2	24	13
8- دخول السفينة إلى الرصيف المخصص لها	7	9,10,11,12	1	2	1.5
9- تفتيش السفينة	8	17	0.5	2	1
10- القيام بأعمال الصيانة والإصلاح	8	16	1	24	12
11- قبول الربان للبضاعة ومعاينتها	8	13	3	36	18
12- تجهيز السفينة	8	16	0.5	1.5	1
13- تحميل وتستيف	11	14	48	96	72
14- تحزيم البضاعة	13	15	3	8	5
15- اصدار بوالص الشحن	14	16	2	5	3
16- الكشف على السفينة	10,12,15	17	4	7	5
17- الأمر بالإبحار إلى طرطوس	9,16	18	1	2	1.5
18- الإبحار من كوستانزا إلى طرطوس	17	19	80	95	86
19- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ طرطوس	18	20	2	24	12
20- ترصيف السفينة	19	21,22,23,24	1	3	2
21- تفتيش السفينة	20	26	0.5	2	1.5
22- معاينة البضاعة	20	25	4	48	24
23- القيام بالإصلاحات	20	26	1	24	12
24- تجهيز السفينة	20	26	0.5	1.5	1
25- تفريغ البضاعة	22	26	24	48	36
26- صدور أمر الإبحار إلى اللاذقية	24,23,21,25	27	1	3	2
27- الإبحار من طرطوس إلى اللاذقية	26	28	0.75	1.5	1
28- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ اللاذقية	27	29	2	24	12
29- ترصيف السفينة	28	30	1	3	2
30- تفتيش السفينة	29	31	0.5	2	1
31- تفريغ البضاعة المتبقية	30	32	24	48	36
32- تنظيف العنابر والسطح	31	-	1	12	8

المصدر : جمعت البيانات باسلوب المقابلة.

▪ **أنشطة الرحلة البحرية رقم 170:**

يتحقق الهدف من هذه الرحلة وهو نقل 2200طن اسمنت من مرسين إلى الخمس و2161طن مواد مختلفة من كوستانزا إلى اللاذقية بواسطة الأعمال التالية الموضحة في الجدول التالي:

جدول (7) أنشطة الرحلة رقم 170 أزمنتها وعلاقات الأسبقية بينها

الأنشطة	أنشطة سابقة	أنشطة لاحقة	a	b	m
1-القيام بأعمال الصيانة والإصلاح	-	3	24	96	48
2- تجهيز السفينة بالمؤن والوقود والزيوت والمواد	-	3	12	48	24
3- الكشف على السفينة	1,2	4	2	7	5
4-اصدار امر الإبحار إلى مرسين	3	5,6	1	2	1.5
5-الابحار من اللاذقية إلى مرسين	4	7	11	13	12
6- صدور أمر الشحن للبضاعة في مرفأ مرسين	4	7	3	5	4
7- ترتيب عمليات دخول السفينة إلى مرفأ مرسين	5,6	8	2	24	12
8- دخول السفينة إلى الرصيف المخصص لها	7	9,10,11,12	1	2	1.5
9- تفتيش السفينة	8	17	1	2	1.5
10- قبول الربان لأوامر الشحن ومعاينة البضاعة	8	13	2	12	8
11- القيام بأعمال الصيانة والاصلاح	8	16	1	24	12
12- تجهيز السفينة	8	16	0.5	1.5	1
13- تحميل وتستيف	10	14	72	108	84
14- تحزيم البضاعة	13	15	4	8	6
15- اصدار بوالص الشحن	14	16	3	6	4
16- الكشف على السفينة	12,11,15	17	2	7	5
17- صدور أمر الابحار إلى الخمس	9,16	18	1	2	1.5
18- الابحار من مرسين إلى الخمس	17	19	115	135	125
19-ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ الخمس	18	20	5	24	12
20- ترصيف السفينة	19	21,22,23,24	1	3	2

تابع جدول (7)

21- تفتيش السفينة	20	28	1	2	1.5
22- معاينة البضاعة	20	25	3	7	5
23-القيام بأعمال الصيانة والإصلاح	20	27	2	24	12
24- تجهيز السفينة	20	27	0.5	1.5	1
25- تفريغ البضاعة	22	26	60	84	72
26- تنظيف العنابر	25	27	8	24	12
27- الكشف على السفينة	23,24,26	28	2	6	4
28- صدور أمر الابحار إلى كوستانزا	27,21	29,30	1	2	1.5
29- الابحار من الخمس إلى كوستانزا	28	31	96	144	120
30- صدور أوامر الشحن في مرفأ كوستانزا	28	31	1	5	3
31-ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ كوستانزا	30,29	32	2	24	13
32- ترصيفها	31	33,34,35,36	1	2	1.5
33- تفتيش السفينة	32	41	1	2	1.5
34- اجراء أعمال الصيانة والاصلاح	32	40	2	48	24
35- معاينة البضاعة من قبل الربان	32	37	2	48	24
36- تجهيز السفينة	32	40	0.5	1.5	1
37- تحميل وتستيف	35	38	84	108	96
38- تحزيم البضاعة	37	39	2	7	5
39- اصدار بوالص الشحن	38	40	2	4	3
40- للكشف على السفينة	39,36,34	41	4	7	5
41-اصدار أمر الإبحار إلى اللاذقية	40,33	42	1	2	1.5
42- الابحار من كوستانزا إلى اللاذقية	41	43	85	115	100
43- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ اللاذقية	42	44	2	24	12
44- ترصيف السفينة	43	45,46	1	3	2
45- تفتيش السفينة	44	47	0.5	2	1
46- معاينة البضاعة	44	47	2	24	12
47-تفريغ البضاعة	45,46	48	72	96	84
48- تنظيف العنابر والسطح	47	-	12	36	24

المصدر : تم تحديد بنية تقسيم العمل وتقدير المؤشرات باسلوب المقابلة.

▪ أنشطة الرحلة البحرية رقم 171

تتمثل أنشطة الرحلة رقم 171الهادفة إلى نقل طن1500برتقال من مرسين إلى أوديسا و2396طن مواد مختلفة من كوستانزا إلى اللاذقية والمعروضة في الجدول التالي:

جدول (8) أنشطة الرحلة رقم 171وعلاقات الأسبقية بينها والأزمنة المقدرة لها. الوحدة :ساعة

m	b	a	أنشطة لاحقة	أنشطة سابقة	الأنشطة
48	96	24	3	-	1-القيام بأعمال الصيانة والإصلاح
24	48	12	3	-	2- تجهيز السفينة بالمؤن والوقود والزيوت والمواد
5	7	2	4	1,2	3- الكشف على السفينة
1.5	2	1	5,6	3	4-اصدار امر الإبحار إلى مرسين
9	11	7	7	4	5-الابحار من اللاذقية إلى مرسين
4	5	3	7	4	6- صدور أمر الشحن للبضاعة في مرفأ مرسين
12	24	2	8	5,6	7- ترتيب عمليات دخول السفينة إلى مرفأ مرسين
1.5	2	1	9,10,11,12	7	8- دخول السفينة إلى الرصيف المخصص لها
1.5	2	1	17	8	9- تفتيش السفينة
8	12	2	13	8	10- قبول الربان لأوامر الشحن ومعاينة البضاعة
12	24	1	16	8	11- القيام بأعمال الصيانة والاصلاح
1	1.5	0.5	16	8	12- تجهيز السفينة
72	96	48	14	10	13- تحميل وتستيف
4	6	2	15	13	14- تحزيم البضاعة
3	5	2	16	14	15- اصدار بوالص الشحن
5	7	2	17	12,11,15	16- الكشف على السفينة
1.5	2	1	18	9,16	17- صدور أمر الابحار إلى أوديسا
115	120	110	19	17	18- الابحار من مرسين إلى أوديسا
5	12	2	20	18	19-ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ أوديسا
1	1.5	0.5	21,22	19	20- ترصيف السفينة
1	1.5	0.5	23	20	21- تفتيش السفينة
5	7	3	23	20	22- معاينة البضاعة

تابع جدول (8)

23- تفريغ البضاعة	21,22	24	48	72	60
24- ترصيف السفينة في رصيف الاصلاح	23	25,26,27	1	3	2
25- القيام بأعمال الصيانة والاصلاح	24	28	1	24	12
26- تجهيز السفينة	24	28	0.5	2	1
27- تنظيف العنابر	24	28	2	10	6
28- الكشف على السفينة	25,26,27	29	2	5	3
29- صدور أمر الابحار إلى كوستانزا	28	30,31	0.5	1.5	1
30- الابحار من أوديسا إلى كوستانزا	29	32	25	35	30
31- صدور أوامر الشحن في مرفأ كوستانزا	29	32	1	5	3
32- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ كوستانزا	30,31	33	2	24	13
33- ترصيفها	32	34,35,36,37	1	2	1.5
34- تفتيش السفينة	33	42	0.5	2	1.5
35- اجراء أعمال الصيانة والاصلاح	33	41	2	48	24
36- معاينة البضاعة من قبل الربان	33	38	3	48	36
37- تجهيز السفينة	33	41	0.5	1.5	1
38- تحميل وتستيف	36	39	80	120	88
39- تحزيم البضاعة	38	40	2	6	4
40- اصدار بوالص الشحن	39	41	2	4	3
41- الكشف على السفينة	40,35,37	42	4	7	5
42- صدور أمر الابحار إلى طرطوس	34,41	43	1	2	1.5
43- الابحار من كوستانزا إلى طرطوس	42	44	80	96	86
44- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ طرطوس	43	45	2	24	12
45- ترصيف السفينة	44	46,47	1	3	2
46- تفتيش السفينة	45	48	0.5	2	1
47- معاينة البضاعة	45	48	4	48	24
48- تفريغ البضاعة	46,47	49	64	96	80
49-تنظيف العنابر والسطح	48	-	12	36	24

▪ أنشطة الرحلة البحرية رقم 172:

تتم هذه الرحلة بانجاز الأنشطة التالية الموضحة في الجدول التالي:

جدول (9) أنشطة الرحلة رقم 172وعلاقات الأسبقية بينها والأزمنة المقدرة

الأنشطة	أنشطة سابقة	أنشطة لاحقة	a	b	m
1-القيام بأعمال الصيانة والإصلاح	-	3	24	96	48
2- تجهيز السفينة بالمؤن والوقود والزيوت والمواد	-	3	12	48	24
3- الكشف على السفينة	1,2	4	2	7	5
4-اصدار امر الإبحار إلى اسكندرون	3	5,6	1	2	1.5
5-الابحار من طرطوس إلى اسكندرون	4	7	9	13	10
6- صدور أمر الشحن للبضاعة في مرفأ اسكندرون	4	7	3	5	4
7- ترتيب عمليات دخول السفينة إلى مرفأ اسكندرون	5,6	8	2	24	12
8- دخول السفينة إلى الرصيف المخصص لها	7	9,10,11,12	1	2	1.5
9- تفتيش السفينة	8	17	1	2	1.5
10- قبول الربان لأوامر الشحن ومعاينة البضاعة	8	13	4	14	10
11- القيام بأعمال الصيانة والاصلاح	8	16	1	24	12
12- تجهيز السفينة	8	16	0.5	1.5	1
13- تحميل وتستيف	10	14	96	144	120
14- تحزيم البضاعة	13	15	5	9	7
15- اصدار بوالص الشحن	14	16	3	6	4
16- الكشف على السفينة	12,11,15	17	2	7	5
17- صدور أمر الابحار إلى الخمس	9,16	18	1	2	1.5
18- الابحار من اسكندرون إلى الخمس	17	19	110	130	120
19-ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ الخمس	18	20	5	24	12
20- ترصيف السفينة	19	21,22,23,24	1	2	1.5
21- تفتيش السفينة	20	28	1	2	1.5
22- معاينة البضاعة	20	25	5	9	7

تابع جدول (9)

23-القيام بأعمال الصيانة والإصلاح	20	27	2	24	12
24- تجهيز السفينة	20	27	0.5	1.5	1
25- تفريغ البضاعة	22	26	96	120	108
26- تنظيف العنابر	25	27	8	24	12
27- الكشف على السفينة	23,24,26	28	2	6	4
28- صدور أمر الابحار إلى كوستانزا	27,21	29,30	1	2	1.5
29- الابحار من الخمس إلى كوستانزا	28	31	86	120	100
30- صدور أوامر الشحن في مرفأ كوستانزا	28	31	1	5	3
31- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ كوستانزا	30,29	32	2	24	13
32- ترصيفها	31	33,34,35,36	1	2	1.5
33- تفتيش السفينة	32	41	1	2	1.5
34- اجراء أعمال الصيانة والاصلاح	32	40	2	48	24
35-معاينة البضاعة من قبل الربان	32	37	2	48	24
36- تجهيز السفينة	32	40	0.5	1.5	1
37- تحميل وتستيف	35	38	96	120	108
38- تحزيم البضاعة	37	39	4	10	7
39- اصدار بوالص الشحن	38	40	2	4	3
40- الكشف على السفينة	39,36,34	41	4	7	5
41-اصدار أمر الإبحار إلى طرطوس	40,33	42	1	2	1.5
42- الابحار من كوستانزا إلى طرطوس	41	43	80	95	86
43- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ طرطوس	42	44	2	24	12
44- ترصيف السفينة	43	45,46	1	3	2
45- تفتيش السفينة	44	47	0.5	2	1
46- معاينة البضاعة	44	47	2	24	12
47-تفريغ البضاعة	45,46	48	84	108	96
48- تنظيف العنابر والسطح	47	-	12	36	24

المصدر : تم جمع هذه البيانات باسلوب المقابلة.

▪ **أنشطة الرحلة البحرية رقم 173:**

تتمثل أنشطة الرحلة بتلك المعروضة في الجدول التالي:

جدول (10) أنشطة الرحلة رقم 173وعلاقات الأسبقية بينها وأزمنتها المقدرة.

الأنشطة	أنشطة سابقة	أنشطة لاحقة	a	b	m
1-القيام بأعمال الصيانة والإصلاح	-	3	4	12	8
2- تجهيز السفينة بالمؤن والوقود والزيوت والمواد	-	3	12	48	24
3- الكشف على السفينة	1,2	4	1	3	2
4-اصدار امر الإبحار إلى مرسين	3	5,6	1	2	1.5
5-الابحار من طرطوس إلى مرسين	4	7	10	12	11
6- صدور أمر الشحن للبضاعة في مرفأ مرسين	4	7	2	4	3
7- ترتيب عمليات دخول السفينة إلى مرفأ مرسين	5,6	8	2	6	4
8- دخول السفينة إلى الرصيف المخصص لها	7	9,10,11,12	1	2	1.5
9- تفتيش السفينة	8	17	0.5	1.5	1
10- القيام بأعمال الصيانة والاصلاح	8	16	2	6	4
11-قبول الربان لأوامر الشحن ومعاينة البضاعة	8	13	2	12	8
12- تجهيز السفينة	8	16	0.5	1.5	1
13- تحميل وتستيف	11	14	36	60	48
14- تحزيم البضاعة	13	15	2	5	3
15- اصدار بوالص الشحن	14	16	1	3	2
16- الكشف على السفينة	12,10,15	17	1	4	3
17- صدور أمر الابحار إلى طرطوس	9,16	18	1	2	1.5
18- الابحار من مرسين إلى طرطوس	17	19	10	12	11
19- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ طرطوس	18	20	2	12	4
20- ترصيف السفينة	19	21,22	1	3	2
21- تفتيش السفينة	20	23	0.5	2	1
22- معاينة البضاعة	20	23	2	24	12
23-تفريغ البضاعة	21,22	24	36	60	48
24- تنظيف العنابر والسطح	23	-	2	12	8

المصدر : تم تحديد الأنشطة والتقديرات الزمنية باسلوب المقابلة.

▪ أنشطة الرحلة البحرية رقم **174**:

يوضح الجدول أنشطة هذه الرحلة:

جدول (11) أنشطة الرحلة رقم 174 والأزمنة المقدرة لها وعلاقات الأسبقية بينها.

m	b	a	أنشطة لاحقة	أنشطة سابقة	الأنشطة
24	48	12	3	-	1-القيام بأعمال الصيانة والإصلاح
12	24	8	3	-	2-تجهيز السفينة بالمؤن والوقود والزيوت والمواد
5	7	4	4	1,2	3- الكشف على السفينة
1.5	2	1	5,6	3	4-اصدار أمر الإبحار إلى كوستانزا
88	97	82	7	4	5- الإبحار من طرطوس إلى كوستانزا
3	5	1	7	4	6- اصدار أمر الشحن في مرفأ كوستانزا
13	24	2	8	5,6	7- ترتيب عمليات دخول السفينة إلى مرفأ كوستانزا
1.5	2	1	9,10,11,12	7	8-دخول السفينة إلى الرصيف المخصص لها
1	2	0.5	17	8	9- تفتيش السفينة
12	24	1	16	8	10- القيام بأعمال الصيانة والإصلاح
18	36	3	13	8	11-قبول الربان للبضاعة ومعاينتها
1	1.5	0.5	16	8	12-تجهيز السفينة
70	94	46	14	10	13-تحميل وتستيف
5	8	3	15	13	14-تحزيم البضاعة
3	5	2	16	14	15- اصدار بوالص الشحن
5	7	4	17	10,12,15	16-الكشف على السفينة
1.5	2	1	18	9,16	17- الأمر بالإبحار إلى طرطوس
88	97	82	19	17	18- الإبحار من كوستانزا إلى طرطوس
12	24	2	20	18	19- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ طرطوس
2	3	1	21,22,23,24	19	20- ترصيف السفينة
1.5	2	0.5	26	20	21-تفتيش السفينة

تابع جدول (**11**)

22- معاينة البضاعة	20	25	4	48	24
23-القيام بالإصلاحات	20	26	1	24	12
24- تجهيز السفينة	20	26	0.5	1.5	1
25- تفريغ البضاعة	22	26	23	47	35
26-صدور أمر الإبحار إلى اللاذقية	24,23,21,25	27	1	3	2
27-الإبحار من طرطوس إلى اللاذقية	26	28	1	2	1.5
28- ترتيب عمليات الدخول إلى مرفأ اللاذقية	27	29	2	24	12
29-ترصيف السفينة	28	30	1	3	2
30- تفتيش السفينة	29	31	0.5	2	1
31- تفريغ البضاعة المتبقية	30	32	23	47	35
32-تنظيف العنابر والسطح	31	-	1	12	8

المصدر : جمعت البيانات باسلوب المقابلة.

الملحق G

برامج الحاسوب الجاهزة

تمهيد :

أدت التطورات المستمرة في أساليب إدارة المشروعات ،وازدياد درجة تعقد هذه المشروعات وضخامتها إلى وضع برامج حاسوبية جاهزة ،لأجل تنظيم وتخطيط وتنفيذ ورقابة المشروعات ،حيث تنبع أهمية هذه البرامج من السرعة في إنجاز حسابات الخطة وتعديل الخطة أثناء رقابة عملية التنفيذ،والدقة في النتائج واكتشاف أخطاء الحساب ،والسرعة في عرض النتائج وخاصة عندما تعدل البيانات المدخلة إلى الحاسوب،وسنتحدث عن أهم هذه البرامج وأكثرها انتشاراً واستخداماً والمتمثلة بـ: M.S. Project ,Primavera

برنامج Primavera

صدر هذا البرنامج عام 1983 ليستخدم في إدارة كل من الوقت و الموارد و التكاليف الخاصة بالمشروعات على اختلاف أنواعها ، فهو يمتاز بما يلي[1]:

1- سهولة الاستخدام .

2- سهولة التعلم .

3- التنوع الهائل في المعلومات مع الفرز و التصنيف .

4- يتيح إدارة شاملة للمشروع من حيث إدارة الوقت ،إدارة الموارد ، مراقبة التكاليف .

5- تناول عشرة آلاف نشاط للمشروع الواحد .

6- عدد قليل من القوائم .

7- إمكانية دمج البرامج الأخرى الموجهة لإدارة المشروع مثل نظام SMACوهو نظام لمراقبة التكاليف مبني على شبكة العمل .

8- إمكانية انتقال البيانات من وإلى النظم الأساسية مثل :LOTUS,DBASE,ASCII

9- التخطيط والرقابة في حال تعدد المشروعات .

10-السماح بتغيير أسعار الموارد في فترات مختلفة ، وهذا يتيح معالجة حالات التضخم .

---

[1] رابد ، مصطفى (1997):إدارة المشروعات ، مرجع سابق ،ص144.

11- حفظ معلومات المشروع كصفحة web.

يتمتع هذا البرنامج بإمكانيات هائلة حيث يحوي عدداً من القوائم تتمثل بالآتي :

أ- قائمة المشروعات :/Project Listing/

تتضمن هذه القائمة مجموعة من الأوامر بعضها يمكّننا من إضافة مشروع جديد إلى مجموعة المشروعات الحالية التي تعرضها هذه القائمة . وبعضها الآخر يمكّننا من وضع الجدولة الحالية للمشروع والخطة الأصلية له ،وعمل نسخة احتياطية من المشروعات .

ب- قائمة بيانات المشروع :/Project DATA Menu/

تتضمن بدورها عدة قوائم فرعية منها :

1- بيانات المشروع والمتمثلة بـ:هدف المشروع ،بيانات النشاط ، الأشكال والجداول .

2- القواميس :وتشمل :

- قاموس النشاط .
- قاموس الموارد .
- قواميس حسابات التكلفة .

3- الحسابات التي توضح لنا الجدولة الزمنية وجدولة الموارد.

4-التقارير والأشكال البيانية.

يمكّننا هذا البرنامج من عرض المشروع على شبكة عمل مصممة وفق نظام معين(AOAأوAON)أو الشبكة الزمنية الناتجة عن إسقاط شبكة العمل المصممة وفق النظامين السابقين على مقياس الزمن الأفقي .وذلك حسب الترتيب المنطقي للأنشطة وبمستويات تكبير وتصغير مختلفة،كما يتيح إمكانية إضافة وحذف الأنشطة وعلاقاتها مع بعضها .

يمكّننا من خلال قاموس الموارد الذي يتضمنه هذا البرنامج من"تحديد كافة الموارد اللازمة للمشروع،مهما كان عددها ،وتحديد الحد الطبيعي الذي يمثل المتاح عادةً،والحد الأقصى الذي يمثل أكبر ما يمكن تدبيره،ويسمح الجدول باستخدام أسعار مختلفة في فترات مختلفة (تصل إلى ستة) مما يتيح معالجة حالات التضخم"[1]

---

[1] زايد ، مصطفى (1997):إدارة المشروعات ، مرجع سابق ،ص169.

برنامج Microsoft Project 2000 :

"هو أحد برامج شركةMicrosoftالتي تعنى بإدارة المشروعات Project Managementبصورة منظمة ومرتبة فهو يتيح للمستخدم إمكانية جدولة Schedulingوتتبع Trackingكافة أنشطة المشروع والتعامل مع كافة مكوناته وعناصره ."[1]

ومن أهم القوائم التي يتضمنها هذا البرنامج الآتي:

1- Calender وهي عبارة عن التقويم الخاص بالمشروع .

2-Gantt chartوهي الوضعية الافتراضية للبرنامج حيث تكون البداية منها بسبب سهولة إدخال أنشطة المشروع .

3- قائمة Viewالتي توضح طرق عرض الأنشطة.

يتميز هذا البرنامج بعدة خواص ومميزات جعلته من أكثر البرامج استخداماً اليوم في عالم إدارة المشروعات منها:

1-السهولة والمرونة.

2- جدولة المشروعات البسيطة والمركبة .

3-الربط بين أنشطة المشروع .

4-إمكانية تعديل الخطة .

5- تحليل المخاطرة باستخدام PERT.

6- وضع مخطط شبكي عقدي (AON)لخطة عمل المشروع يوضح ما يلي:[2]

- اسم النشاط .
- تاريخ بدايته .
- تاريخ نهايته .
- الفترة الزمنية اللازمة لإنجازه .
- ID:رقمه .

---

[1] عناني ،عمرو (2001): إدارة المشروعات باستخدام برنامج Microsoft Project 2000 ،مرجع سابق،ص6.

[2] بللوز ، حنا (2002) ادارة المشاريع عن طريق MS.Project2000 مرجع سابق ص173،ص174.

- أسماء المصادر البشرية والمادية .

7- ترميز الأنشطة بحروف أو أرقام .

8- جدولة الموارد والتكاليف .

9- إجراء الحسابات المالية وتثبيت خطة المشروع .

10- رقابة التكلفة باستخدام تحليل القيمة المكتسبة .

11- مقارنة الخطة بالواقع .

12- طباعة التقارير .

13- إسقاط شبكة العمل على مقياس زمني .

14- تحديد تواريخ الإنجاز .

15- تقويم الأنشطة .

16- إمكانية الاتصال (نشر بيانات المشروع على شبكة Internet).

17- يقدم أنواع عديدة من المساعدة السليمة في الوقت السليم .

18- تبادل المعلومات مع برامج أخرى .

19- الحفظ التلقائي لملف المشروع

برنامج L p

يستخدم هذا البرنامج لحل مسألة برمجة خطية ، حيث يستخدم من أجل تحديد الخطة الزمنية المثلى بالمفاضلة بين التكلفة والزمن وخاصة في حالة الضغط الاحتمالي لشبكات PERTوذلك بحل نموذج البرمجة الخطية المقيدة احتمالياً بغية اختصار الجهد والوقت اللازمين لإيجاد الحلول البديلة التي عددها خمسة حلول .

بفتح الملف تظهر لدينا عدة قوائم نختار منها .Linprg ،فتظهر قائمة نختار منها Lp(مسألة برمجة خطية)،مما يظهر قائمة أخرى فنختار منها ملفFile ← InPut بالنقر على InPut تظهر صفحة ملفات البرمجة نختار ملف النظام، فتظهر لنا قيود ومتغيرات ندخل قيود النموذج ومتغيراته باختيار Solveيظهر صندوق نختار منه الأمر Minأو Max حسب طبيعة نموذج البرمجة الخطية فيظهر حل النموذج . وهكذا نكرر هذا العمل لإيجاد الحلول الخمسة عند مستويات الدلالة المختلفة .

برنامج OM Tools (MC Tools) :

يتميز هذا البرنامج بضخامة أجزائه فهو يساعد مدير الأعمال أن يتخـذ قراراتـه المختلفـة وبسرعة، حيث يشمل برامج جزئية خاصة بالآتي :

1. الجودة.
2. البرمجة الخطية.
3. نماذج شبكات الأعمال.
4. تحليل ماركوف.
5. البرمجة الصحيحة.
6. برمجة الهدف.
7. التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية ، تحليل الانحدار البسيط.
8. نظر ية القرارات.
9. طرائق النقل.

وفيما يخص نماذج شبكات الأعمال ، فإن هذا البرنامج يمكن المستخدم من تطبيق طريقة المسـار الحرج ، منهج PERT ، ضغط شبكة العمل ، وذلك لمشروعات مؤلفة من 100 نشاط فقط .

ونشير أخيراً إلى أننا اعتمدنا على هذا البرنامج نظراً لتوفره.

الملحق H

مواصفات سفن الشركة

مواصفات سفينة أرواد:

MINISTRY OF TRANSPORT
SYRIAN NAVIGATION CO.
(ISTOOL)
HEAD OFFICE - LATTAKIA
S. A. R.

Phone: 473778 - 4737[illegible]
Cable: ISTOOL
Fax: 475781
Telex: 451139 SY
P.O.Box: 314
Address: Baghdad st.

FM : ISTOOL
TO :

RE : DESCRIPTION OF MV ARWAD

TWEENDECKER	SYRIAN FLAG	BUILT 1972 GERMANY
G.R.T 2222 T	N.R.T 1322 T	
D.W.T 3615 T	D.W.C.C. 3200 T	
BALE 4989 CBM	GRAIN 5373 CBM	
L.O.A. 80.50 M	L.B.P. 74.50 M	
B 13.60 M	DRAFT 6.10 M	

DERRICKS 2(15), 2(5) VENTILATION 20 TIME/H
CLASSIFICATION B.V. PARIS FRANCE
P+I CLUB : THOMAS MILLER LONDON

HOLDS

NR. 1
23.80 X 10.46 X [illegible].80 M BETWEEN L.H. AND T.D
23.80 X 10.46 X [illegible].85 M BETWEEN T.D. AND DECK

NR. 2
26.30 X 11 X 4.[illegible] M BETWEEN L.H AND T.D
26.30 X 11 X 2.[illegible]5 M BETWEEN T.D. AND DECK

Main EnG : [illegible] KW ALPHA 16 V 23 LU HP 12867.
AUX EnG : M.A.J

GENERAL DIRECTOR
MOHAMAD T. HAROUN

S.A.R

مواصفات سفينة اللاذقية :

MINISTRY OF TRANSPORT
SYRIAN NAVIGATION CO.
(ISTOOL)
HEAD OFFICE - LATTAKIA
S. A. R.

Phone: 473778 - 473
Cable: ISTOOL
Fax: 475781
Telex: 451139 SY
P.O.Box: 314
Address: Baghdad s

FM : ISTOOL
TO :

RE : DESCRIPTION OF MV LAZIQUIEH

--

CLOSED SHELTER DECK
BUILT 1969 HOLLAND SYRIAN FLAG
G.R.T 2404 T N.R.T 1692 T
D.W.T 3836 D.W.C.C. 3500 T
BALE 4899 CBM GRAIN 5301 CBM
L.O.A. 81.84 M L.B.P. 75 M
B 14.85 M DRAFT 6.92 M
DERRICKS 3(5) VENTILATION 20 TIME/H
CLASSIFICATION B.V. PARIS FRANCE
P+I CLUB : THOMAS MILLER LONDON
HOLDS
NR.1
13.72 X 11.08 X 3.88 BETWEEN L.H AND T.D
13.72 X 11.08 X 6.82 BETWEEN T.D AND DECK
NR. 2
34.76 X 10.23 X 3.88 M BETWEEN L.H. AND T.D
34.76 X 10.23 X 4.24 M BETWEEN T.D AND DECK

Main EnG: M.A.K 8MU 551 A.K
AUX EnG: B.F 716 DEUTZ.

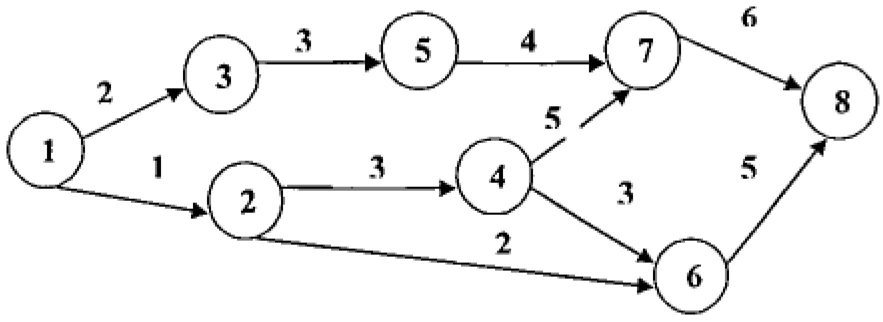
GENERAL DIRECTOR
MOHAMAD HAROUN

S.A.R

الملحق I

ترقيم أحداث الشبكة وفق الطريقة المقترحة في البحث

لدينا شبكة عمل مشروع فرضي كما يلي :



تتم عملية الترقيم وفقاً لما يلي:

نعطي حدث بداية المشروع الرقم 1 ، ونحذف الأسهم الصادرة عنه، فنحصل على مجموعة من الأحداث فيها حدثين فقط لا يصلها أي سهم ،فحسب العلاقة (1-1) يعطى الحدث الذي يستغرق وحدة زمنية واحدة الرقم 2 والأخر الرقم 3 . وبحذف الأسهم الصادرة عن الحدثين 2,3 نحصل على حدثين يجب ترقيمها ، وهما حدثي نهاية لنشاطين لهما المدة الزمنية نفسها ،عندئذ نعطي الرقم 4 لحدث نهاية النشاط الذي رقم حدث بدايته بـ 2 والحدث الأخر يكون رقمه 5 . نحذف الأسهم الصادرة عن الحدثين 4,5 ،نحصل على المجموعة الثالثة من الأحداث التي تضم حدثين فقط ،وهذان الحدثان اندماجيان ،فحسب العلاقة (1-3) يعطى الرقم 6 للحدث الذي يحققها أولاً، ويأخذ الأخر الرقم 7 ،أما المجموعة الرابعة فتضم حدث واحد فقط يعطى الرقم 8.

قائمة المراجع:

أ- الكتب العربية:

1- البكري ،سونيا محمد – 1997 – *"استخدام الأساليب الكمية في الإدارة"* ، جامعة الإسكندرية،مصر،411 ص.

2- بللوز،حنا - 2002- *"إدارة المشاريع عن طريق M.S. Project 2000"*،الطبعة الأولى ،دار الرضا للنشر،دمشق، سوريا،313ص.

3- حاتم،سامي-1988- *"التأمين الدولي"* الطبعة الثانية،كلية التجارة و إدارة الأعمال،جامعة حلوان،الدار المصرية اللبنانية،القاهرة،مصر،445ص.

4- الحكيم،لطيف وعبد الجليل أدم المنصوري-1987- *"مدخل إلى بحوث العمليات"*، جامعة قاريونس ،بنغازي،ليبيا،512ص.

5- حجير ،سمير وآخرون -2004- *"مبادئ الإحصاء"* مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية،جامعة حلب،مطابع نقابة المعلمين،518ص.

6- الدجاني،عامر-1985- *"طريقة المسار الحرج في ادارة المشاريع الانشائية"*،الطبعة الأولى ،دار المستقبل العربي،القاهرة،مصر،207ص.

7- زايد ،مصطفى-1997- *"ادارة المشروعات"*،الطبعة الأولى،دار الثقافة،القاهرة،مصر،206ص.

8- سلطان،تركي-1984- *"التحليلات الكمية في اتخاذ القرارات"* الطبعة الأولى،جامعة الملك سعود، السعودية،454ص.

9- الشريف،حسن *"شحن وتفريغ السفن الأصول والقواعد الفنية"*،المعارف، الاسكندرية،527ص.

10- الصدي،فتحي و غسان القاضي-1993- *"تنظيم المشروعات وادارتها"* الجزء الأول،كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق ، 192ص.

11- العلي،ابراهيم-1986- *"الاحصاء الرياضي"*،كلية الاقتصاد،جامعة حلب،سوريا،506 ص.

12- العلي، ابراهيم-1991- *"بحوث العمليات"*،جامعة تشرين، اللاذقية،سوريا،653ص.

13- العلي، ابراهيم-2004- *"مدخل إلى بحوث العمليات"*،طبعة معدلة ومضافة،جامعة تشرين، اللاذقية،سوريا،680ص.

14- العلي، ابراهيم-2003-"*مبادئ علم الاحصاء مع تطبيقات حاسوبية*"،الطبعة الأولى،كلية الاقتصاد،جامعة تشرين، اللاذقية،سوريا،540ص.

15- عناني ،عمرو-2001-"*ادارة المشروعات باستخدام Microsoft Project 2000*"، الدار العلمية للنشر، القاهرة ،مصر،320ص.

16- عنبر،عبد الحميد موسى-1996-"*أنظمة التفريغ في الميناء عملياً وقانونياً*"،مؤسسة شباب الجامعة، الاسكندرية، مصر،80ص.

17- عثمان،سعيد عبد العزيز-2000-"*دراسات جدوى المشروع بين النظرية والتطبيق*"،الدار الجامعية،كلية التجارة،الاسكندرية،مصر،443ص.

18- قاسم،أحمد رفيق-1992-"*مدخل إلى بحوث العمليات*"جامعة حلب ، سوريا،472ص.

19- المنصور،كاسر نصر-2000-"*نظرية القرارات الادارية (مفاهيم وطرائق كمية)*"،الطبعة الأولى، الحامد،عمان، الأردن،342ص.

20- مركز التنمية الصناعية في الدول النامية-1975-" *برمجة ورقابة تنفيذ المشروعات الصناعية في الدول النامية* "،جامعة الدول العربية،124ص.

21- نجم،نجم عبود-2001-"*ادارة العمليات النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة*"، الجزء الأول، معهد الادارة العامة، مركز البحوث، الرياض، السعودية،464ص.

22- نجم،نجم عبود-2001-"*ادارة العمليات النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة*"، الجزء الثاني، معهد الادارة العامة، مركز البحوث، الرياض، السعودية،911ص.

ب-الكتب الأجنبية:

23- Ang , Alfredo H-S. & Wilson H. Tang - 1975-" *Probability concepts in Engineering planning and Design* ", volume I,JOHN Wiley & Sons , Singapore ,562p.

24-Anderson David R& Others –1995-: "*Quantitative Methods for Business*" , 6th.ed. ,west publishing company, U.S.A., 834 P.

25-ASIA,k.-1995-" *Fuzzy Systems for Management*, ohm-sha ,IOS Press , Nethe land ,192p.

26- Burke , R .- 1992-" *Project Management Planning and control*"2nd ed ., John Wiley &Sons chicheSter , New York , 390 P.

27- Battersby , Albert ,M A , BSC , F.R .I.C. -1970 -" *Network analysis for planning and scheduling*" , 3rd .ed. , MACMILLAN, 332p .

28-Bennett, F. Lawrence –1996- *The Management Engineering*, Human Quality Organizational Legal ,and Ethical Aspects of professional ,practice ,John Wiley &Sons, INC. U.S.A. ,478p.

29- Calvert , R.E . and others –1995- "*Introduction to Building Management*" , 6th. ed. , New Nes, Great Britain, 392p.

30-Cambridge consultants (training) -1967- "*A programmed Introduction to critical path Methods* ,England , 62P.

31-DRucker, Peter, F. -1964 -" *Managing for Results*" , Heine Manu. First ed. London,224P.

32- Gaither, Norman –1992 - *Production and Operation Management*, 6th ed. the Dryden press, har count Brace college publishers, U.S.A., 945 p.

33- Kothari,C.R.,1993,Quantitative Techniques ,3rd.ed.,Vikas publishing house,PVT LTD,New Delhi,596P.

34-KOSKO, B.- 1997-*Fuzzy Engineering*-Prentice- Hall, Inc. U.S.A, 549P.
35-Levin , I .Richard and others - 1992- "*Quantitive Approaches to management*", 8th ed. .HCGKAW -HILC ,INC , Singapore , 920 P .

36-Lockyer, K. C. -1962 -" *Factory Management* ",2nd. ed., Pitman, London, 351 P.

37- Lapin Lawren L. -1991-" *Quantitative Methods for Business Decisions with cases* ",5th. ed, Dryden press , Harcourt Brace Jovanovich , Inc , U.S.A . 955 p.

38-Moder J.and C. Phillips -1983-"*Project Management with CPM and PERT and Precedence Diagramming* "3rd ed., VAN Nostrand Reinhold company , New York ,389P.

39-Martino ,R.L. -1964-" *Project Management and Control*" ,vol.1, Finding the critical path 3rd.ed.American Management Association, NewYork,144p.

40- Martino,R.L.-1964-"*project Management and control* ",volume 2, Applied Operational Planning , American Management Association, 2nd. Ed, New York,143P.

41-Mcconkey, Dale D. -1967- : *"How to Manage by Results"*, American Management Association ,Revised ed .New York, 160 P.

42-Martino, R. ,L., -1965-*Project Management and Control* ,vol. III: Allocating Scheduling Resources", 2nd.ed.,comet press, Inc. American Management and Association,NewYork,143P.

43-Nahmias , Steven – 1997- " *Production and Operations Analysis*" 3rd.ed. Irwin, U. S. A.,858P.

44-Oberlender, G.D.-1993- :"*Project Management For Engineering and Construction*", Mcgraw -Hill, Inc. ,NewYork, 519P.

45-Reddin ,W.J .-1971- *Effective MBO* , British Institute of Management , 1st. ed. , England,224P.

46-Richard,close&Nicholos j.Aquilino,-1995-,"*Production and Operation Management* ",*manufacturing and services* ,Irwin /McGraw-Hill ,7th.ed.,U.S.A.,741 P.

47-Romakumar ,R. -1993- ." *Engineering Reliability Fundamentals and Applications* prentice – hall , international , Inc . , U.S.A , 482P.

48-Terpening Willbann D. ,-1993-:*Msctools Software tools for quantitative Methods and Management Science*, Conzaga University ,McGraw-Hill,Inc.,U.S.A.,111P.

ج- الأبحاث و المنشورات باللغة العربية:

49-بركات، خالد سعيد-2000-" *مدخل النظرية الضبابية لدعم قدرة متخذ القرار على الاستفادة من المعلومات المحاسبية*" ، مجلة البحوث التجارية، كلية التجارة ،جامعة الزقازيق،المجلد 22،العــدد2، الجزء الأول ، يوليه،173-201ص.

50- جنود، علي -2000- بحث علمي بعنوان "*تنسيق انجاز المشاريع البنائية في حال تحديد الموارد باستخدام الغوريتم المصفوفات*"،كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، 71ص.

51-الحميد، محمد عبد الهادي وآخرون -1999- "*المنطق الضبابي في اتخاذ القــرارات*"، المجلــة العربية للعلوم الادارية ، جامعة الكويت ، المجلد 6،العدد الثاني،213-229ص.

52-المنصور، كاسر نصر -2001- "*تعجيل زمن انهاء المشروع باستخدام المرونــة (الفــائض) في زمن انهاء النشاط في ظل اسلوب Cost/PERT* "خوارزمية مقترحة،مجلة العلوم الاقتصــادية والادارية ،جامعة بغداد، كلية الاقتصاد والتجارة، المجلد8،العدد28،192-204ص.

د- المنشورات باللغة الاجنبية:

53-Coskunoglu, Osman,-1984 -"*Optimal Probabilistic compression Of PERT Network* "Journal of Construction Engineering and Management ,vol.110,No.4,December, 437-446p.

54- Dawson c.w. and R. J Dawson. -1994 - : "*Clarification Of Node Representation In Generalized Activity Networks For Practical Project Management*" , International Journal Of Project Management, vol.12,No. 2 , May, 81-88p .

55-Do DIN , BAJISM. & Salah E.Elmaghraby –1985- "*Approximating the criticality Indices of the Activities in PERT Network* , Management Science" , vol.31 , No.2 ,Feb. U.S.A , 207-223p .

56-Hallingan ,David, W.& Others-1994- :"*Action-Response Model And Loss of Productivity In Construction*" Journal of construction Engineering and Management ,vol.120 ,No.1,MAR., 47-64p.

57- Huang,Yu-Chun&Ching-Hwang wang-2000-*A New approach to calculating project cost variance*, International Journal of project Management,Vo.18,No.2,131-138p.

58-Koehn ,E.,& Brown , J.-1985- *:Climatic Effects On Construction* , Journal of construction Engineering and Management, ASCE.vol.136.,No.4,302-310p.

59-Khang ,Do Ba and yin Mon Mint-1999- ," *time , Cost and Quality Trade – Off in Project Management : a case study* ." International Journal of project Management, vol .17 , No .4 , Great Britain, 249 – 256 p.